

**AVVISI PUBBLICI REGIONALI DI ATTUAZIONE PER L'ANNO 2019 DEL TIPO DI  
OPERAZIONE 16.1.01 "GRUPPI OPERATIVI DEL PEI PER LA PRODUTTIVITÀ E LA  
SOSTENIBILITÀ DELL'AGRICOLTURA"**

**FOCUS AREA 4B DGR N. 2402 DEL 09 DICEMBRE 2019**

**RELAZIONE TECNICA FINALE**

DOMANDA DI SOSTEGNO **5159269** DOMANDA DI PAGAMENTO **5694450**

FOCUS AREA: 4B

Titolo Piano	<b>HALY.BIO - INDAGINI OPERATIVE PER L'IMPLEMENTAZIONE DEL CONTROLLO BIOLOGICO DELL'INVASIVA HALYOMORPHA HALYS IN EMILIA-ROMAGNA</b>
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	APOFRUIT ITALIA, Società Cooperativa Agricola (P.I. 00127740405)
Elenco partner del Gruppo Operativo	APOFRUIT ITALIA (Capofila) RI.NOVA (PE) Astra (PE) Consorzio Agrario Ravenna (PE) UNIMORE (PE) UNIBO (PE) Centro Agricoltura Ambiente Giorgio Nicoli (PE) Dinamica (PE) Az. Agr. Govoni Pierluigi (PA) Az. Agr. Grassilli Stefano (PA) Az. Agr. Marchelli Erwin (PA)

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	24
Data inizio attività	01 Giugno 2020
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	17 Agosto 2023

Relazione relativa al periodo di attività dal	01 Giugno 2020	al 17 Agosto 2023
Data rilascio relazione	30.09.2023	

Autore della relazione	Maria Grazia Tommasini		
telefono		email	mgtommasini@rinova.eu

## 1. DESCRIZIONE DELLO STATO DI AVANZAMENTO DEL PIANO

Il Gruppo Operativo ha completato le attività complessivamente previste nel piano. L'intera attività svolta nel progetto è rendicontata nel presente Report tecnico, come richiesto da bando.

In sintesi:

- l'azione 1 è stata realizzata come previsto seguendo i percorsi e utilizzando i diversi strumenti indicati nel piano.
- Non era prevista, e non è stata svolta alcuna attività nell'Azione 2.
- L'intera azione 3 è stata realizzata completamente conformemente con quanto previsto nel Piano (di seguito anche denominato anche Progetto), laddove funzionale al raggiungimento degli obiettivi del piano sono stati apportati aggiustamenti/modifiche minori di carattere tecnico che non hanno determinato alcuno scostamento né di carattere economico né sugli obiettivi e risultati attesi. In generale tutte le prove svolte nell'azione 3 hanno fornito risultati molto funzionali a fornire innovazioni e risposte importanti per descrivere l'apporto dato dall'entomofauna utile ed in particolare dai parassitoidi (indigeni ed esotici) alla gestione e controllo nel medio-lungo periodo delle infestazioni di cimice asiatica nel territorio regionale, grazie anche alla estesa condivisione dei risultati operata con le numerose azioni di divulgazione svolte.
- L'azione 4 di divulgazione è stata attivata sin dalle prime fasi progetto ed è stata particolarmente ricca di eventi ed ha visto sviluppare dal GO diverse iniziative che hanno incluso sia visite in campo che incontri tecnici, campus cloud e altri strumenti di informazione. RINOVA ha messo a disposizione del Gruppo Operativo il proprio Portale Internet, affinché le attività ed i risultati conseguiti nel presente Piano fossero facilmente fruibili dall'utenza.

Il personale di RINOVA si è inoltre fatto carico di predisporre in lingua italiana e inglese, le modulistiche richieste per la presentazione del Piano al fine del collegamento alla Rete PEI-Agri.

- L'azione 5 sulla formazione è stata svolta con successo conformemente a quanto previsto, benché a causa della pandemia da COVID19 siano stati svolti corsi (anziché i previsti viaggi, come specificato di seguito nell'azione 1 e 5) e ridotta l'attività al 50% in conformità alla delibera Regionale n. 1965 del 14/11/2022 e come da comunicazione inviata via PEC alla Regione Emilia Romagna in data 9.8.2023 e successive comunicazione formali intercorse con le Regione, approvate con delibera regionale n. 20019 del 25/09/2023.

Il Gruppo Operativo ha dato avvio alle attività complessivamente previste nel piano a partire dal 1 giugno 2020 al fine di poter procedere con le diverse attività e prove sin dalla campagna agraria 2020 e sono state completate entro la primavera 2023 a cui è seguita una fase conclusiva legata al completamento della fase di Formazione, alla realizzazione della relazione tecnica e rendicontazione completata il 17 agosto 2023.

Azione	Unità aziendale responsabile	Tipologia attività	Mese inizio attività previsto	Mese inizio attività reale	Mese termine attività previsto	Mese termine attività reale
1	RI.NOVA	Cooperazione	1	1	24	39
3	-APOFRUIT -ASTRA IS -RI.NOVA -Consorzio Agraria di Ravenna -UNIMORE -UNIBO -Centro Agricoltura Ambiente	Azioni specifiche	1	1	24	39
4	RINOVA	Divulgazione	3	4	24	39
5	Dinamica	Formazione	10	10	24	39

## **AZIONE 1 – ESERCIZIO DELLA COOPERAZIONE**

### **2.1 Attività e risultati**

Azione
--------

#### 1 – ESERCIZIO DELLA COOPERAZIONE

APOFRUIT, nel suo ruolo di mandatario, ha mantenuto la funzione di coordinamento generale, demandando a RINOVA, in accordo con gli altri Partner, la funzione di coordinamento organizzativo per garantire il funzionamento tecnico e amministrativo del Gruppo Operativo (GO).

RINOVA ha quindi avuto il compito di pianificare le attività previste nel Piano mettendo in atto tutte le iniziative necessarie alla realizzazione e al conseguimento dei risultati previsti. Per fare questo si è avvalso di proprio personale tecnico, amministrativo e di segreteria qualificato e dotato di esperienza pluriennale nel coordinamento tecnico-organizzativo di progetti di ricerca, sperimentazione e divulgazione a vari livelli, nonché nella gestione di comitati tecnici e gruppi di lavoro riguardanti i principali comparti produttivi. In particolare **M.Grazia Tommasini ha svolto il ruolo di Responsabile del Progetto (RP)**.

#### **Attivazione del Gruppo Operativo**

La fase di attivazione del GO ha riguardato sia gli aspetti formali e amministrativi, sia il consolidamento degli obiettivi con l'intero gruppo di referenti coinvolti a vario titolo nel Piano.

In merito agli aspetti formali, con particolare riferimento alle attività del Piano e ai relativi costi ammessi, RINOVA, unitamente al Responsabile Scientifico (RS) e ai Responsabili dei partner del GO, ha verificato la congruenza dei budget approvati rispetto alle attività da svolgere. Con questo passaggio si è autorizzata l'attivazione del GO, comunicata a tutti i partner tramite e-mail. Inoltre, in questa fase si è proceduto alla costituzione formale del raggruppamento (ATS).

Una volta soddisfatti gli aspetti formali, sono state indette 14 riunioni del GO, di cui la prima di attivazione con l'intero gruppo di lavoro e Comitato di Piano (07/08/2020) e le successive alla

presenza delle figure coinvolte per ogni partner nelle rispettive azioni dalla 3.1 alla 3.4 (08/082020, 03/12/2020, 15/01/2021, 22/04/2021, 31/05/2021, 17/09/2021, 17/11/2021\*, 18/01/2022\*, 16/03/2022\*, 23/06/2022, 22.12.2022\*, 11/01//2023\*, 27/01/2023\*, 05/07/2023\*), al fine di poter approfondire la discussione sui singoli aspetti di ciascuna azione da analizzare per i diversi obiettivi presi in esame, in coerenza con la cogenza delle attività operative nelle fasi di campo. In queste sedi, il Responsabile del Progetto (M.Grazia Tommasini - RINOVA) e il Responsabile Scientifico (Lara – UNIMORE) hanno analizzato i contenuti, gli obiettivi del Piano e le eventuali criticità incontrate in corso d'opera, fra cui la gestione delle attività e incontri in presenza della pandemia da COVID-19. Tale coordinamento ha garantito la più ampia condivisione possibile delle informazioni utili ad impostare correttamente la realizzazione delle azioni d'innovazione. In particolare nelle ultime fasi del progetto sono stati svolti anche incontri collegiali fra questo GOI e altri 3 coordinati sempre da RINOVA (GOI: A&K, Alien.Stop e Cimice.Net) (indicati con asterisco a lato delle date sopra riportate), al fine di massimizzare i risultati raggiunti fra i 4 progetti in modo organico e funzionale, e quindi utile a favorire il trasferimento dei risultati al comparto agricolo. Negli ultimi mesi del progetto sono stati svolti ulteriori momenti di confronto, parte dei quali anche via telefono e posta elettronica, finalizzati in particolare alla predisposizione delle rendicontazioni tecniche ed economiche finali.

### **Costituzione del Comitato di Piano**

In occasione della riunione di attivazione si è anche proceduto alla costituzione del Comitato di Piano (CP) per la gestione e il funzionamento del GO, che è così composto:

- RO (RINOVA)
- RS (UNIMORE)
- Rappresentante di APOFRUIT
- Rappresentante di Astra
- Rappresentante di CAP RA
- Rappresentante di UNIBO
- Rappresentante di UNIMORE:
- Rappresentante di CAA
- Rappresentante di Az. agr. Grassilli Stefano
- Rappresentante di Az. agr. Govoni Pierluigi
- Rappresentante di Az. agr. Marchelli Erwin
- Rappresentante di Dinamica

### **Gestione del Gruppo Operativo**

Dalla data di attivazione del GO, il RP ha svolto una serie di attività funzionali a garantire la corretta applicazione di quanto contenuto nel Piano stesso, e in particolare:

- Il monitoraggio dello stato d'avanzamento dei lavori;
- La valutazione dei risultati in corso d'opera;
- L'analisi degli scostamenti, comparando i risultati intermedi raggiunti con quelli attesi;
- La definizione delle azioni correttive.

Durante il costante monitoraggio dei lavori ed i risultati via via raggiunti in caso di scostamenti sono state valutate le necessarie azioni correttive. Questo è stato gestito anche in relazione ai momenti cruciali sullo sviluppo delle diverse prove del Piano ("milestone"). In particolare annualmente da aprile a settembre (pieno sviluppo delle attività della azione 3) sono state svolte verifiche finalizzate al controllo del corretto stato di avanzamento lavori. Anche gli incontri sopra citati sono stati utili a questo scopo, oltre ai contatti diretti avuti con i responsabili e referenti delle diverse azioni e aree operative, e nel caso per definire congiuntamente con il RS, le metodologie comuni e le azioni

correttive necessarie, in diversi casi eseguite congiuntamente con il referente del Servizio Fitosanitario (Massimo Bariselli), specie in relazione alle attività connesse con il Piano Nazionale di lancio del *Trissolcus japonicus*.

In generale infatti il RP, in stretta collaborazione con il Responsabile Scientifico (RS), si è occupato di pianificare una strategia di controllo circa il buon andamento delle attività del Piano, attraverso un sistema basato sull'individuazione delle fasi decisive, cioè momenti di verifica finalizzate al controllo del corretto stato di avanzamento lavori e della sinergia con il Piano Nazionale di lancio del parassitoide esotico della cimice asiatica. Allo stesso modo, il RP e il RS si sono occupati di valutare i risultati/prodotti intermedi ottenuti in ciascuna fase inclusa la realizzazione delle fasi di rendicontazione tecnica e finanziaria. Tutto ciò agendo in coerenza con quanto indicato dalle procedure gestionali di RINOVA (v. Autocontrollo e Qualità).

#### **Verifica dei materiali, strumenti e attrezzature impiegate in campo e in laboratorio**

A campione, il RP ha verificato la congruenza tra le caratteristiche dei materiali e prodotti impiegati dai partner, rispetto a quanto riportato nel Piano. A tal fine il RP ha eseguito alcune verifiche ispettive presso i partner, in coerenza con quanto indicato dalle procedure gestionali del Sistema Gestione Qualità di RINOVA.

#### **Preparazione dei documenti per le domande di pagamento**

In occasione di questa prima domanda di pagamento (saldo), il RP e il RS, insieme a tutti i partner coinvolti, hanno effettuato l'analisi dei risultati intermedi e finali ottenuti, nonché l'analisi della loro conformità a quanto previsto dal Piano. In particolare, è stata verificata la completezza della documentazione relativa alle spese affrontate dai singoli soggetti operativi e raccolta la documentazione per la redazione del rendiconto tecnico ed economico.

#### **Altre attività connesse alla gestione del GO**

Oltre alle attività descritte in precedenza, RINOVA ha svolto una serie di attività di supporto al GO, come le attività di interrelazione con la Regione Emilia-Romagna, l'assistenza tecnico-amministrativa agli altri partner, le richieste di chiarimento.

RINOVA si è inoltre occupato dell'aggiornamento della Rete PEI-AGRI in riferimento al Piano, come richiesto dalla Regione, al fine di stimolare l'innovazione, tramite l'apposita modulistica presente sul sito.

Per la fase organizzativa e logistica di incontri e delle altre iniziative descritte di seguito, RINOVA si è avvalso della segreteria tecnica di RINOVA.

#### **Autocontrollo e Qualità**

Attraverso le Procedure Gestionali e le Istruzioni operative approntate nell'ambito del proprio Sistema Gestione Qualità, RINOVA ha lavorato al fine di garantire efficienza ed efficacia all'azione di esercizio della cooperazione, come segue:

- Requisiti, specificati nei protocolli tecnici, rispettati nei tempi e nelle modalità definite;
- Rispettati gli standard di riferimento individuati per il Piano;
- Garantita la soddisfazione del cliente tramite confronti diretti e comunicazioni scritte;
- Rispettate modalità e tempi di verifica in corso d'opera definiti per il Piano;
- Individuati i fornitori ritenuti più consoni per il perseguimento degli obiettivi.

La definizione delle procedure, attraverso le quali il RP ha effettuato il coordinamento e applicato le politiche di controllo di qualità, sono la logica conseguenza della struttura organizzativa del CRPV. In particolare, sono state espletate le attività di seguito riassunte.

#### Attività di coordinamento

Le procedure attraverso le quali si è concretizzato il coordinamento del GO si sono sviluppate attraverso riunioni e colloqui periodici con il Responsabile Scientifico e con quelli delle Unità Operative coinvolte.

#### Attività di controllo

La verifica periodica dell'attuazione progettuale si è realizzata secondo scadenze temporali come erano state individuate nella scheda progetto. Più in particolare è stata esercitata sia sul funzionamento operativo che sulla qualità dei risultati raggiunti; in particolare è stata condotta nell'ambito dei momenti sotto descritti:

- Verifiche dell'applicazione dei protocolli operativi in relazione a quanto riportato nella scheda progetto;
- Visite ai campi sperimentali e ai laboratori coinvolti nella conduzione delle specifiche attività.

Riscontro di non conformità e/o gestione di modifiche e varianti

Non si sono verificate situazioni difformi a quanto previsto dalla scheda progetto.

Tutte le attività svolte come previsto nella procedura specifica di processo sono registrate e archiviate nel fascicolo di progetto e certificate attraverso visite ispettive svolte dal Responsabile Gestione Qualità di RINOVA.

Il Sistema Qualità RINOVA, ovvero l'insieme di procedure, di misurazione e registrazione, di analisi e miglioramento e di gestione delle risorse, è monitorato mediante visite ispettive interne e verificato ogni 12 mesi da Ente Certificatore accreditato (DNV).

In data 11 maggio 2022 è stata inoltrata una prima richiesta di proroga di **90 giorni** (approvata dalla Regione con atto n. 9607 del 19/05/2022) ed a seguito della D.G.R. n. 833 del 23/05/2022 riportante la possibilità di estendere la proroga a 12 mesi, è stata presentata una seconda richiesta di PROROGA di **12 mesi** (inviata in data 23 giugno 2022), approvata con delibera regionale n. 18381 del 29/09/2022 (posticipando, quindi, la chiusura al **17/08/2023**). Tale richiesta è stata necessaria a causa delle difficoltà nella realizzazione dell'attività di formazione e consulenza, legate in gran parte all'emergenza COVID. Nel progetto approvato infatti si prevedeva di spendere la cifra indicata in viaggi, con un costo a persona elevato. L'elevato costo della formazione è risultato difficilmente spendibile in corsi on line, sia per l'elevato numero di allievi necessari a coprire il finanziamento, sia per l'elevata concorrenza degli altri numerosi corsi di formazione on line disponibili e finanziati (es. altri GOI e catalogo verde). Tale proroga è stata inoltre funzionale a completare alcune indagini di laboratorio relative ai numerosi campioni di parassitoidi raccolti nel corso del progetto che hanno richiesto un esteso lavoro di riconoscimento ed identificazione, oltre a completare alcune indagini di campo su alcuni siti di campionamento relative al grado di insediamento e diffusione dei parassitoidi esotici nei territori emiliano romagnoli. La richiesta è stata approvata con determina n. 9607 in data 19/05/202 dalla Regione Emilia Romagna.

Sull'azione 1 sono state sviluppate tutte le attività previste nel piano. Gli obiettivi sono stati raggiunti e non sono state rilevate criticità nella fase di cooperazione del GO.

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo orario	Costo totale
	Impiegato tecnico - RI.NOVA	Supporto tecnico	16	43	688,00
	Impiegato tecnico - RI.NOVA	Supporto tecnico	69	43	2.967,00
	Impiegato tecnico - RI.NOVA	Coordinamento tecnico	77	43	3.311,00
	Impiegato tecnico - RI.NOVA	Supporto tecnico	236	27	6.372,00
	Impiegato segreteria - RI.NOVA	Segreteria	135	27	3.645,00
	Impiegato amministrativo - RI.NOVA	Supporto amministrativo	53,5	27	1.444,50
	Impiegato amministrativo - RI.NOVA	Supporto amministrativo	130	43	5.590,00
<b>Totale:</b>					<b>24.017,50</b>

## **AZIONE 3 – AZIONI SPECIFICHE LEGATE ALLA REALIZZAZIONE DEL PIANO**

### **AZIONE 3.1 – Indagine agroecosistemica sul territorio regionale**

#### **OBIETTIVI**

Verificare la presenza e la distribuzione sul territorio regionale delle specie di parassitoidi oofagi in grado di parassitizzare *Halyomorpha halys*. Valutare l'impatto che le diverse specie di parassitoidi oofagi hanno nei confronti delle uova di *H. halys* e come questo impatto evolva nel corso della stagione e negli anni.

#### **MATERIALI E METODI**

L'indagine è stata condotta sull'intero territorio regionale dell'Emilia-Romagna, con particolare attenzione alle aree a vocazione frutticola (province di Modena, Bologna, Ravenna e Ferrara), che negli ultimi anni hanno subito danni anche ingenti alle produzioni o che sono potenzialmente minacciate dalla presenza di *H. halys*. In queste aree sono stati individuati 120 siti nel 2020, 116 siti nel 2021, e 55 siti nel 2022 in cui è stata verificata la presenza di parassitoidi oofagi attraverso la raccolta di ovature di Pentatomidi, con particolare focus alle ovature di *H. halys*.

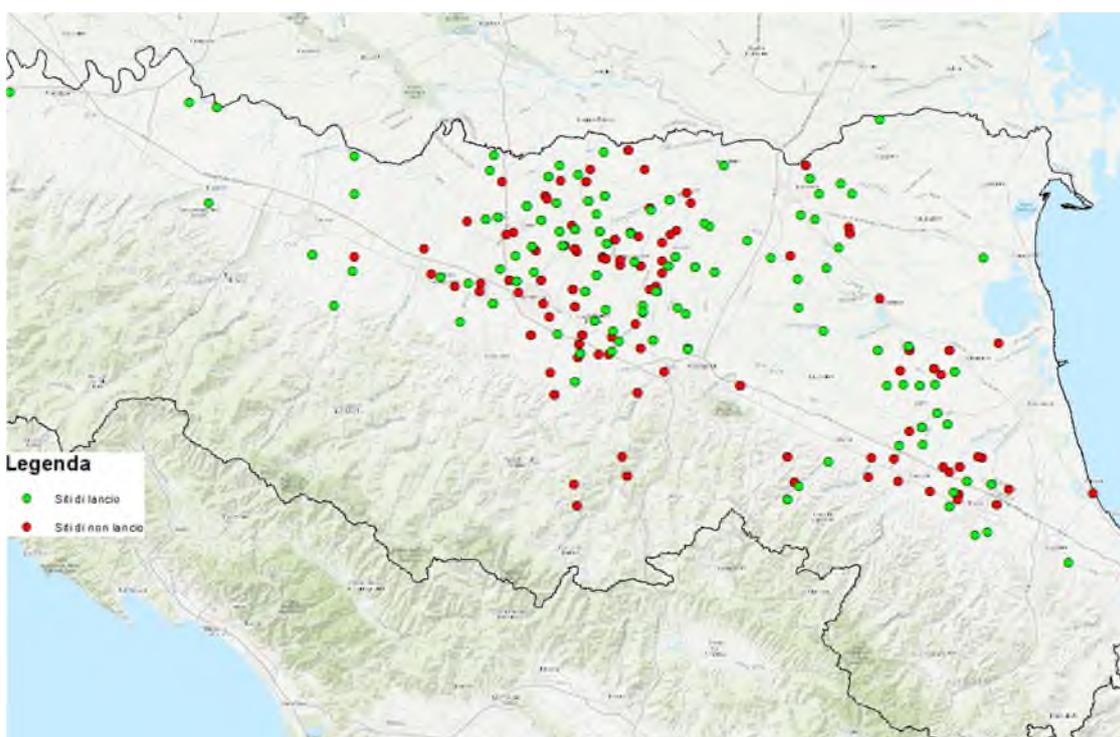
Questi siti sono stati individuati sia in ambito agricolo che in ambito urbano, ma comunque sempre in contesti situati in prossimità (distanza massima 2 km) di frutteti o di colture anche erbacee soggette alla presenza e all'attacco di *H. halys*. Ogni punto oggetto di questa indagine agroecosistemica è stato georeferenziato e sono state raccolte informazioni sull'uso del suolo in aree di buffer crescente (per la descrizione di questo aspetto si rimanda all'Azione 3.4). Nel raggio di 50 m dal punto georeferenziato è stata ispezionata la vegetazione delle piante (arboree o erbacee) potenzialmente attrattive per *H. halys* per individuare e raccogliere le ovature di Pentatomidi presenti sulle foglie o su altre parti delle piante (es. frutti e infruttescenze). I rilievi sono stati svolti da terra o, quando necessario, avvalendosi dell'ausilio di scale portatili o sveltato per raggiungere anche la parte alta della vegetazione (fino a 4-5 m dal suolo). Ad ogni rilievo è stata dedicata alla ricerca di ovature 1 ora (tempo effettivamente dedicato alla ricerca da una persona, escludendo gli spostamenti tra una pianta e l'altra). Nel 2021 e nel 2022 ogni sito è stato ispezionato almeno due volte nel corso della stagione, una volta nel mese di luglio e una volta tra agosto e settembre. Nel 2020 ogni sito è stato invece campionato una sola volta tra agosto e settembre essendo il progetto stato attivato solo alla fine di luglio.

Nella prima annualità del progetto (stagione 2020) ha avuto inizio il "Piano nazionale per il controllo biologico della cimice asiatica" che è proseguito per i due anni successivi (stagioni 2021-2022) ed è stato coordinato a livello nazionale dal CREA e a livello regionale dal Servizio Fitosanitario della Regione Emilia-Romagna (SFR). Oltre a prevedere il rilascio del parassitoide oofago *Trissolcus japonicus* (in Emilia-Romagna ne sono stati introdotti nell'arco del triennio 1400 nuclei costituiti da 100 femmine e 10 maschi distribuiti in 380 siti), il Piano prevedeva il monitoraggio di una parte dei

siti di rilascio attraverso la raccolta di ovature di Pentatomidi al fine di evidenziare eventuali effetti negativi del parassitoide introdotto su altre specie non target. Su questo secondo obiettivo si è creata da subito una proficua e sinergica collaborazione tra il SFR e il presente Gruppo Operativo (GO). Infatti, tutte le ovature raccolte nei monitoraggi svolti dal personale del SFR o da altri tecnici territoriali afferenti alle cooperative dei produttori o ad altri enti sono state analizzate nell'ambito di questo progetto. Questa sinergia ha permesso di estendere ulteriormente l'areale monitorato aumentando il numero di ovature campionate ed analizzate.

### **Metodologia di raccolta e conservazione delle ovature:**

Ogni ovatura trovata in occasione dei monitoraggi di campo è stata prelevata assieme a parte del substrato vegetale sul quale era stata deposta (es. foglia o porzione di foglia) e collocata in una provetta chiusa con rete o altro materiale che consentisse il passaggio dell'aria evitando allo stesso tempo l'evasione dei parassitoidi e delle neanidi di cimice asiatica. Ad ogni provetta è stato assegnato un codice univoco per identificare il punto di campionamento e la data di raccolta dell'ovatura. Il materiale raccolto è stato poi trasportato all'interno di contenitori termici presso i laboratori entomologici di UNIMORE o di UNIBO dove è avvenuta l'analisi delle ovature e l'identificazione degli insetti fuoriusciti dalle uova (Azione 3.3).



**Figura 3.1.1** Siti campionati almeno una volta nel corso del triennio di indagine (2020-2022) e dove sono state raccolte ovature di Pentatomidi.

In Figura 3.1.1 sono visualizzabili i siti oggetto del monitoraggio agroecosistemico: in verde i siti dove è stato rilasciato *T. japonicus*, in rosso i siti senza rilascio del parassitoide. Solo i siti in cui sono state raccolte almeno 7 ovature sono stati inclusi nelle analisi dei dati. Questi includono 71 siti (30 con

lanci di *T. japonicus*), 68 siti (36 con lanci di *T. japonicus*) e 58 siti (32 con lanci di *T. japonicus*) rispettivamente nel 2020, 2021 e 2022.

## RISULTATI

Nel corso del triennio sono state analizzate 6.358 ovature di eterotteri per un totale di 183.507 uova, raccolte in diversi siti distribuiti sull'intero territorio regionale. Sono stati ispezionati sia siti in cui è stato rilasciato il parassitoide *T. japonicus* sia siti distanti almeno 1 km dal sito di rilascio più vicino. La Tabella 3.1.1 mostra in sintesi il numero di ovature campionate dal presente GO o dal SFR per ciascuna famiglia e/o specie e per ogni anno di indagine, in Figura 3.1.1 sono graficamente riportati su mappa i punti di campionamento durante il triennio 2020-2021-2022, mentre la Figura 3.1.2 mostra la distribuzione dei siti di monitoraggio agroecologico per provincia.

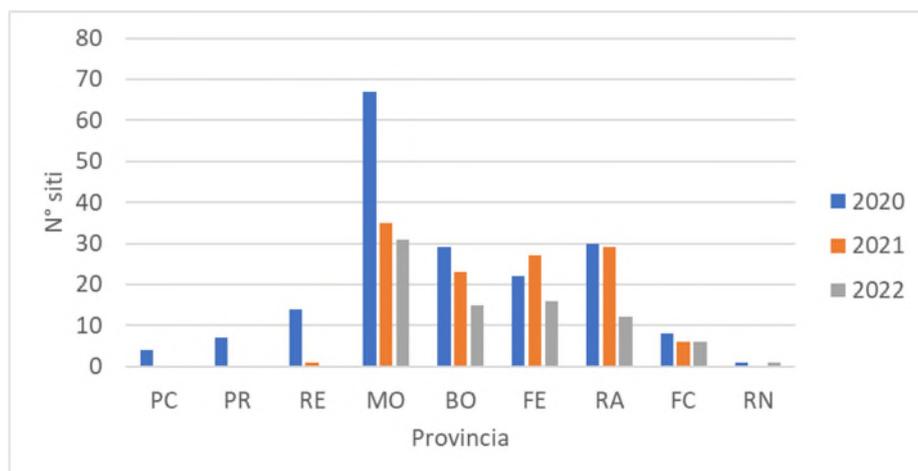
**Tabella 3.1.1.** Numero di ovature campionate per famiglia e per specie nel triennio 2020-2021-2022.

<b>FAMIGLIA/Specie</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
<b>PENTATOMIDAE</b>	<b>1729</b>	<b>2194</b>	<b>2385</b>
<i>Halyomorpha halys</i>	1573	2008	2144
<i>Nezara viridula</i>	95	108	123
<i>Raphigaster nebulosa</i>	18	13	29
<i>Dolycoris baccarum</i>	28	55	24
<i>Peribalus stricrus</i>			24
<i>Graphosoma italicum</i>	2		21
<i>Acrosternum sp.</i>			9
<i>Carpocoris sp.</i>			8
<i>Palomena prasina</i>		5	1
<i>Arma custos</i>		1	1
<i>Picromerus sp.</i>			1
<b>REDUVIDAE</b>		<b>2</b>	<b>1</b>
<b>COREIDAE</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>11</b>
<b>TOTALE</b>	<b>1744</b>	<b>2213</b>	<b>2401</b>

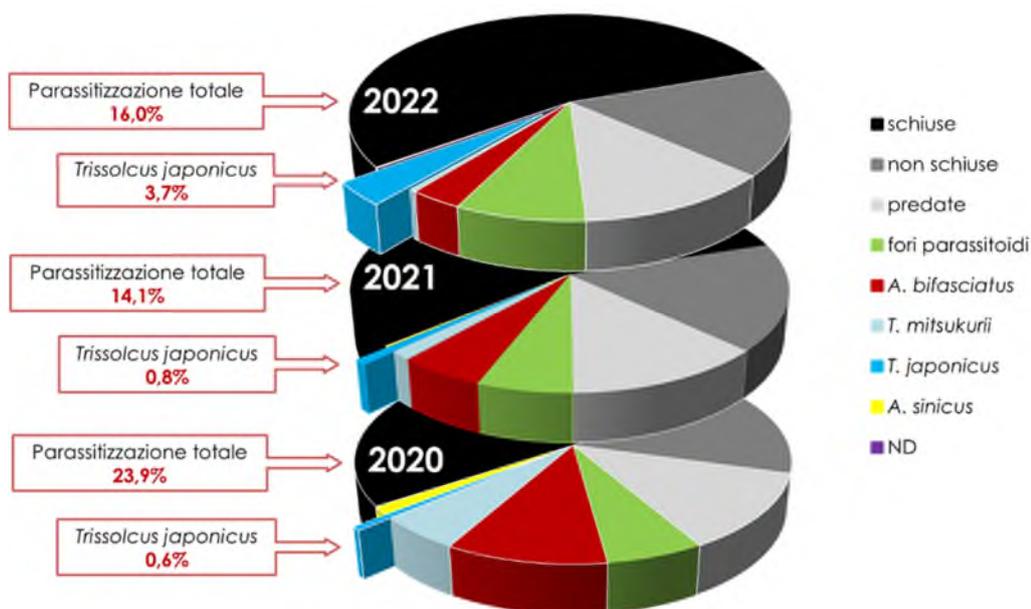
Nel complesso, oltre il 90% delle ovature raccolte (5725 su 6358) appartenevano a *H. halys*, mentre le restanti appartenevano alle specie riportate in Tabella 3.1.1.

Per il 2020 sono state considerate 1.342 ovature di *H. halys* per un totale di 35.179 uova; nel 2021 le ovature sono state 1.810 per un totale di 47.340 uova; infine, nel 2022 sono state raccolte nei siti considerati un totale di 2.069 ovature corrispondenti a 54.007 uova. In tutte e tre le annate le ovature erano approssimativamente ben ripartite tra siti di lancio e siti in cui *T. japonicus* non è stato rilasciato. Dalle analisi effettuate nel corso dei tre anni, risulta che circa il 50% delle uova di cimice non schiude per l'effetto cumulativo di mortalità naturale, predazione e azione dei parassitoidi. Questi ultimi sono sfarfallati dal 24% delle uova nel 2020, dal 14% nel 2021 e dal 16% nel 2022 (Figura 3.1.3). Tuttavia, questi dati sottostimano l'impatto totale dei parassitoidi sulle

popolazioni di cimice asiatica in quanto non comprendono l'host feeding e il numero di uova abortite. Purtroppo tale contributo non è facilmente valutabile nelle condizioni di campo.



**Figura 3.1.2.** Distribuzione dei siti di campionamento delle ovature di Pentatomidae in Emilia-Romagna, raggruppate per provincia e per anno di monitoraggio.

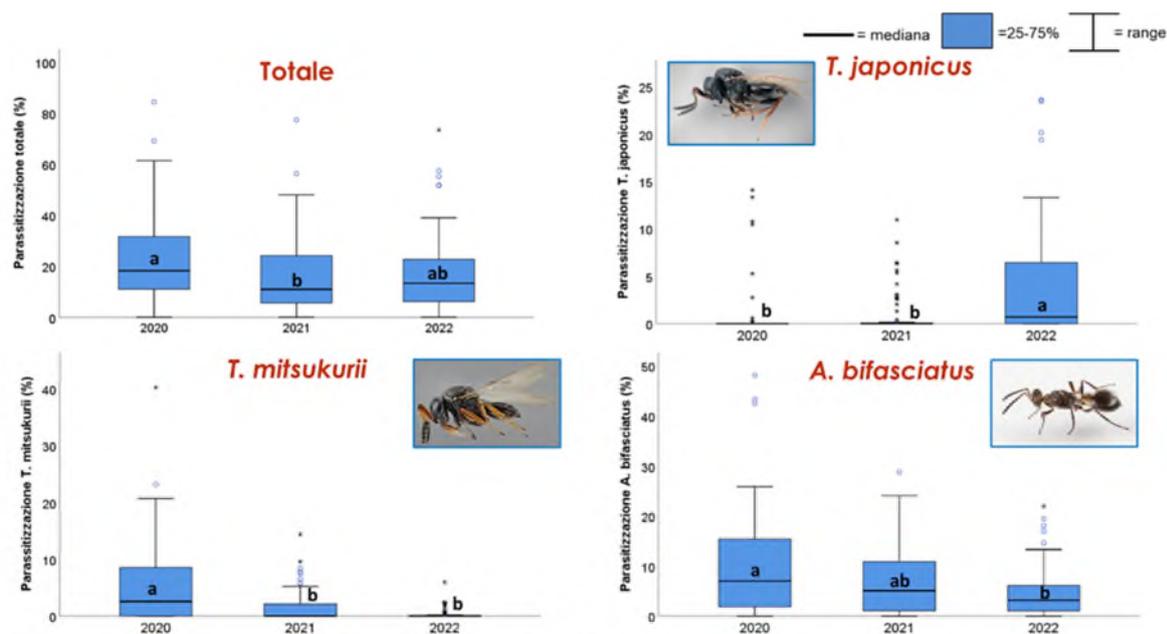


**Figura 3.1.3.** Parassitizzazione ovature di *H. halys* rilevata in campo in Emilia-Romagna dal 2020 al 2022.

Il numero di uova parassitizzate dalla vespa samurai, *T. japonicus*, è via via aumentato (0,6% nel 2020, 0,8% nel 2021 e 3,7% nel 2022), dimostrando l'insediamento della nuova specie nel nostro territorio e la sua diffusione anche al di fuori delle aree soggette ai rilasci (Figura 3.1.3). Ad ulteriore conferma, dalle indagini è emerso anche che nel corso del triennio *T. japonicus* si è diffuso nelle diverse aree regionali, passando dal 10% dei siti indagati del 2020 al 47% del 2022.

Per contro, nello stesso periodo si è molto ridotta l'abbondanza e la distribuzione di *T. mitsukurii* (40% dei siti nel 2020, nel 26% nel 2021 e nel 21% nel 2022), forse anche a causa dell'attività dell'iperparassitoide *Acroclisoides sinicus*, che sembra essere più legato a questa ultima specie, e alla competizione diretta con *T. japonicus* per lo stesso ospite (Figura 3.1.4).

Il parassitoide indigeno *A. bifasciatus* è la specie al momento più abbondante e diffusa in Emilia-Romagna. E la sua distribuzione sul territorio è rimasta tendenzialmente costante negli anni delle prove (58%, 65%, 71% dal 2020 al 2022). Tuttavia, nel corso del triennio si è osservata una riduzione della sua percentuale di parassitizzazione (Figura 3.1.4).



Test delle mediane seguiti da comparazioni multiple con aggiustamento di Bonferroni del livello di significatività ( $P < 0,05$ )

**Figura 3.1.4.** Andamento della parassitizzazione totale e delle principali specie di ooparassitoidi nel triennio di sperimentazione 2020-2022 in Emilia-Romagna.

L'analisi delle ovature di cimici diverse da *H. halys* ha mostrato come *T. japonicus* attacchi sporadicamente le specie indigene (Tabella 3.1.2). Questo conferma in campo la specificità di *T. japonicus* già dimostrata in esperimenti di laboratorio.

**Tabella 3.1.2.** Parassitizzazione di ovature di cimici diverse da *H. halys*; dati aggregati sui tre anni di sperimentazione 2020-2022 (numero di uova e percentuale tra parentesi).

Specie di cimice	Ovature totali	Uova totali	<i>Anastatus bifasciatus</i>	Fori di Eupelmidae	<i>Trissolcus japonicus</i>	<i>Trissolcus mitsukurii</i>	<i>Trissolcus basalidis</i>	<i>Trissolcus spp</i>	Fori di Scelionidae	<i>Acroclisoides sinicus</i>	Fori di Pteromalidae	<i>Ooencyrtus telenomicida</i>	N.D.
<i>Nezara viridula</i>	326	28704	640 (2,2)	659 (2,3)	2 (<0,1)		58 (0,2)		386 (1,3)	28 (0,1)	7 (<0,1)		284 (1,0)
<i>Dolycoris baccarum</i>	107	1801	46 (2,6)	12 (0,7)		5 (0,3)		8 (0,4)	80 (4,4)	1 (0,1)	8 (0,4)	9 (0,5)	117 (6,5)
<i>Rhaphigaster nebulosa</i>	60	821	23 (2,8)	38 (4,6)		15 (1,8)			73 (8,9)		14 (1,7)		66 (8,0)
Pentatomidae	18	457	5 (1,1)		3 (<0,1)				16 (3,5)				186 (40,7)
<i>Graphosoma italicum</i>	23	331	1 (0,3)	10 (3,0)			13 (3,9)		28 (8,5)				23 (6,9)
<i>Peribalus strictus</i>	24	311	1 (0,3)		13 (<0,1)				34 (10,9)				13 (4,2)
<i>Acrosternum spp.</i>	9	148	22 (14,9)	1 (0,7)									
<i>Palomena prasina</i>	6	139	9 (6,5)										
<i>Carpocoris spp.</i>	8	112	26 (23,2)	6 (5,4)									
<i>Arma custos</i>	2	37											
<i>Picromerus spp.</i>	1	22											
Coreidae	36	218	41 (18,8)	3 (1,4)									34 (15,6)
<i>Gonocerus acuteangulatus</i>	7	56	8 (14,3)	7 (12,5)									
Reduviidae	3	76											

## CONCLUSIONI

Durante il corso del progetto Haly.Bio è stata riscontrata la presenza di *T. japonicus* nel territorio emiliano-romagnolo, con una parassitizzazione (seppur modesta) crescente negli anni e diffusa anche in siti non oggetto di rilascio della vespa samurai, dimostrando l'insediamento e la diffusione di *T. japonicus* in Emilia-Romagna. Nonostante l'impatto di *T. japonicus* su *H. halys* sia ancora trascurabile, l'insediamento di questa nuova specie potrebbe andare a costituire nei prossimi anni una causa di mortalità rilevante per le uova della cimice invasiva. Inoltre va considerato che altre specie di parassitoidi sono presenti nel territorio emiliano-romagnolo e concorrono al contenimento naturale di *H. halys*, come ad esempio *T. mitsukurii* e *A. bifasciatus*. Infine è stato rilevato che *T. japonicus* predilige *H. halys* come specie ospite, parassitizzando solo sporadicamente altre specie non bersaglio.

### **AZIONE 3.2 – Indagine delle capacità di diffusione, insediamento ed efficacia di parassitizzazione di parassitoidi alloctoni nei confronti della specie target**

#### **OBIETTIVI**

Verificare la capacità di insediamento e diffusione nel tempo dei parassitoidi alloctoni presenti sul territorio regionale, rispetto ai punti di prima identificazione. Definire l'efficacia nel tempo della parassitizzazione a carico dei parassitoidi alloctoni presenti sul territorio regionale nei confronti della specie target ed il loro impatto sulla comunità di eterotteri nativi.

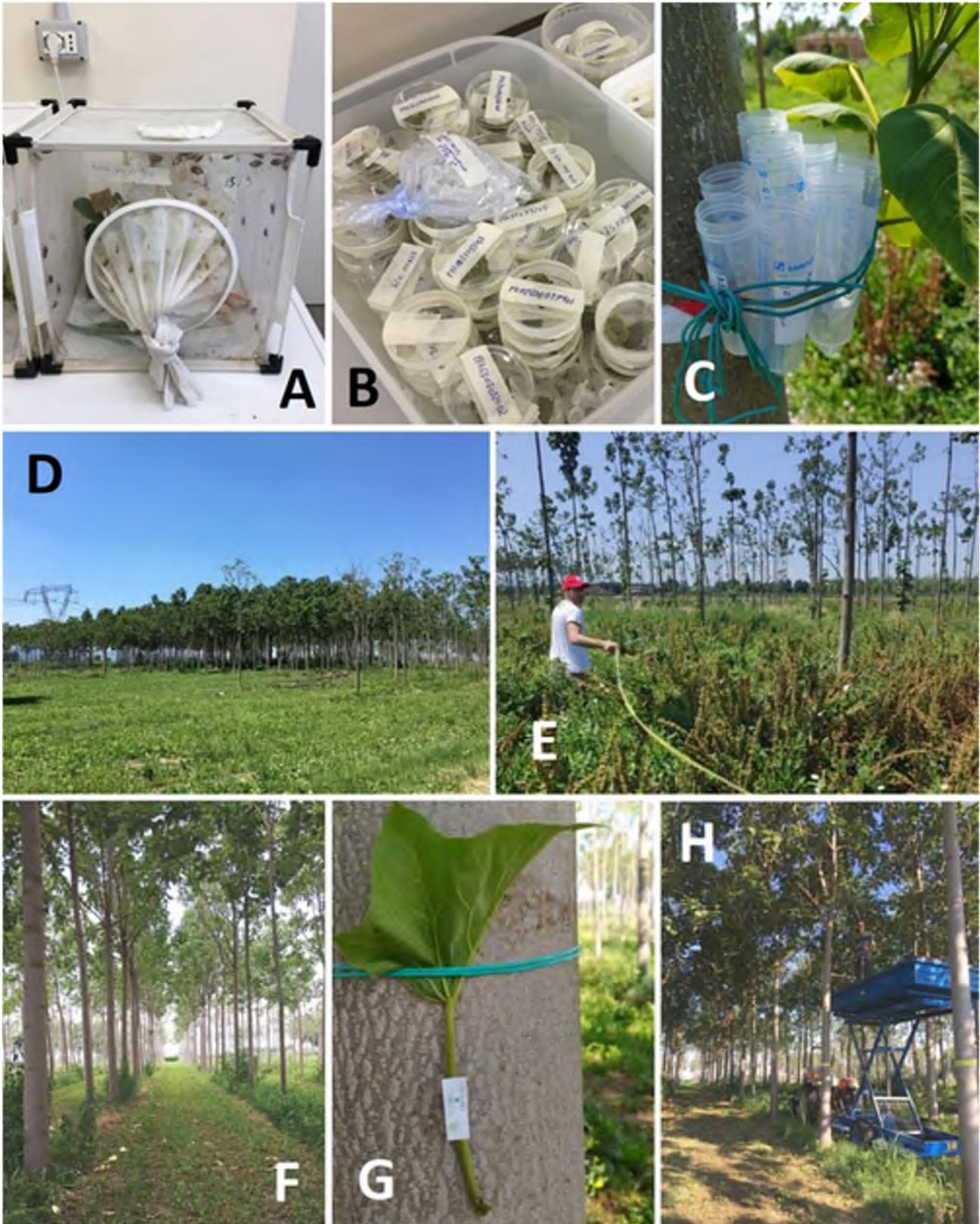
#### **MATERIALI E METODI**

Le prove (Fase 2) sono state condotte presso diversi siti nell'arco di due anni (2020 e 2021) con metodologie leggermente diverse pur in coerenza con gli obiettivi e fra loro, pertanto vengono presentate in modo separato tanto nei materiali e metodi che nei rispettivi risultati. La parte in comune per tutti i siti è relativa alla metodologia di allevamento e di rilascio del parassitoide alloctono *Trissolcus japonicus* nell'ambito del programma di lotta biologica classica autorizzato dal MIPAAF nel 2020 (Fase 1).

#### **FASE 1 - Allevamento di *Trissolcus japonicus***

Presso ciascuno dei centri coinvolti (UNIMORE, UNIBO, CAA) erano stati allestiti allevamenti massali di *H. halys* (Costi *et al.*, 2017) (Figura 3.2.1 A), le cui ovature sono state incollate con colla vinilica su strisce di carta rettangolari poste in capsule Petri e mantenute refrigerate a 8°C (Figura 3.2.1 B) (Wong *et al.*, 2021). Dopo almeno 10 giorni di refrigerazione a 8°C, le ovature sono state inserite nei box di parassitizzazione, consistenti in un contenitore cilindrico di plastica con coperchio in nylon traspirante, e contenenti ciascuno in media 14 femmine e almeno 2 maschi di *T. japonicus*, alimentati con alcune gocce di miele applicate al coperchio e conservati in cella climatica a 26°C, 70% UR, 16:8 h L:D. Le ovature sono state inserite in numero di due per ogni femmina di *T. japonicus* presente nel box, gli individui per la riproduzione nei box sono stati utilizzati per due cicli di parassitizzazione a distanza di 7 giorni uno dall'altro prima di essere sostituiti con nuovi individui. Dopo almeno 48 h di esposizione nei box di parassitizzazione, le ovature sono state estratte e inserite singolarmente in provette Falcon da 50 mL, con tappo sostituito da pezzuola di tessuto in nylon fissato da un elastico, e conservate in cella climatica con i medesimi parametri. Durante tutto il periodo di sfarfallamento i parassitoidi sono stati mantenuti in vita grazie all'applicazione di una goccia di miele sul tappo in nylon della provetta Falcon. Una volta sfarfallati gli adulti di *T. japonicus*, in genere a partire da 10 giorni dall'uscita dai box di parassitizzazione, sono stati prelevati dalle provette Falcon di sfarfallamento per essere posti nelle provette Falcon destinate ai rilasci, grazie all'aiuto di un aspiratore entomologico. In ogni provetta, sempre chiusa nel modo sopra descritto, sono state collocate da 10 a 11 femmine e almeno un maschio, a seconda della disponibilità, a formare lanci costituiti da 10 provette, per un totale di 105 femmine e in media 30 maschi. Al momento del rilascio, le provette sono state delicatamente aperte e lasciate esposte per qualche

giorno, appese alla vegetazione nel punto prestabilito per il lancio, per consentire la fuoriuscita dei parassitoidi (Figura 3.2.1 C).



**Fig. 3.2.1.** Bugdorm per l'allevamento delle cimici (A), conservazione delle ovature raccolte nelle piastre Petri (B), lancio di *T. japonicus* (C), veduta del campo di Sabbione (D) e di quello di Campogalliano, durante la mappatura (E), interfilare sfalciato a Sabbione (F), esposizione di una ovatura sentinella (G) e uso del carro raccolta a Sabbione (H). Foto Lab. di Entomologia, UNIMORE.

## Fase 2- Indagini sulla diffusione, insediamento e parassitizzazione in campo

Complessivamente sono state svolte prove in 6 siti nel 2020 e 7 nel 2021, individuati sul territorio regionale nelle province di Modena, Reggio Emilia, Forlì-Cesena e Ferrara.

### a) Prove in provincia di Modena e Reggio Emilia, anno 2020

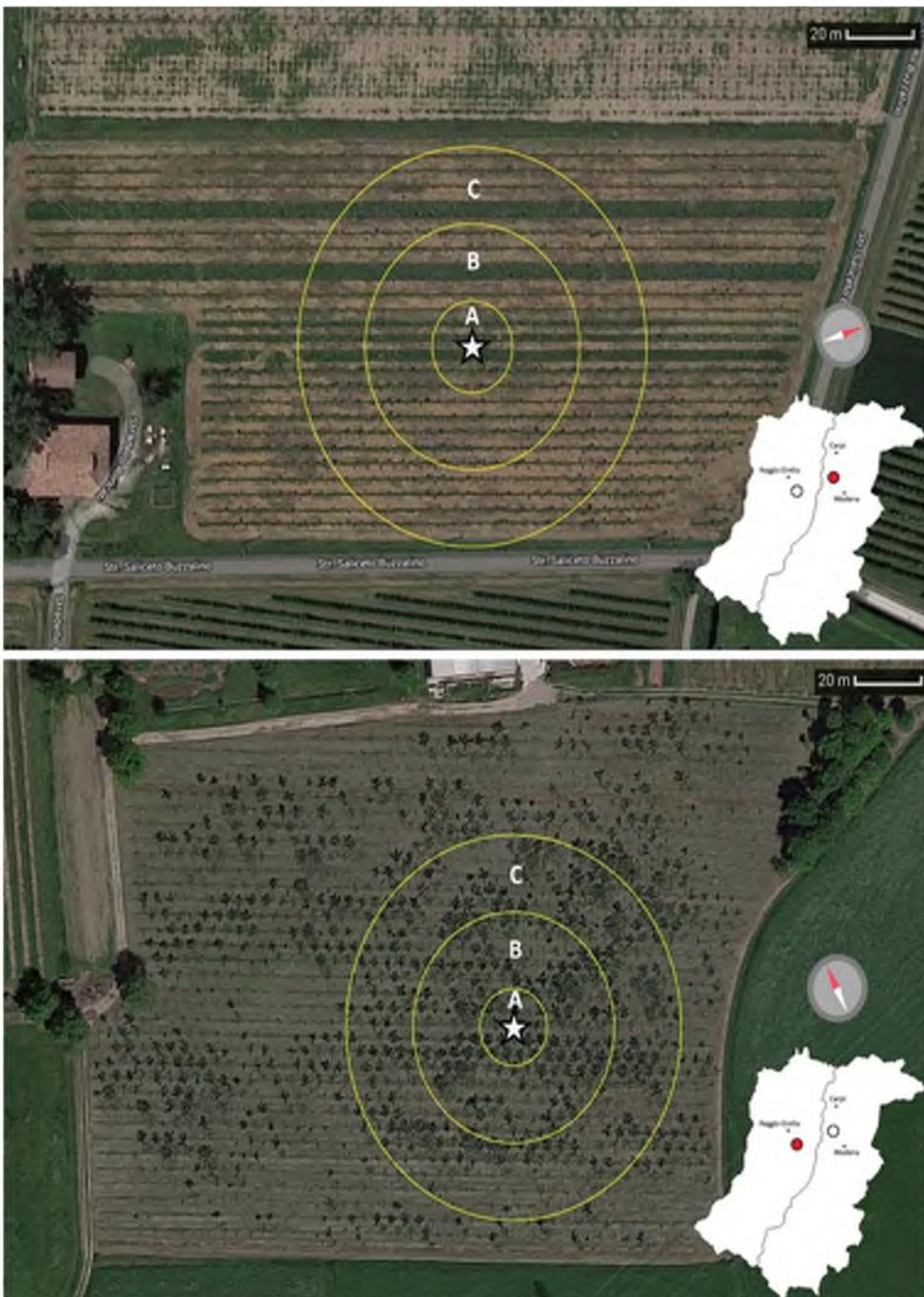
Per le prove di dettaglio sono stati selezionati due campi di *Paulownia tomentosa* Steud., uno a Campogalliano (MO) (44°41'20"N 10°52'24"E, 50 m) (Figura 3.2.1 E e Figura 3.2.2 in alto) e uno in località Sabbione (RE) (44°38'20"N 10°42'29"E, 65 m) (Figura 3.2.1 D, F e Figura 3.2.2 in basso). Una volta mappati i due campi per identificare e quindi definire le piante ispezionabili da quelle non (poiché assenti oppure prive di vegetazione), è stato individuato il punto di lancio dei *T. japonicus*, circa al centro di ciascun campo. Sono poi state tracciate, con l'aiuto di una cordella metrica e nastri colorati applicati ai tronchi di *P. tomentosa*, tre circonferenze concentriche e centrate col punto di lancio, a 10 m, 30 m e 50 m, in modo da formare 3 fasce con rapporti di superficie 1:8:16 (circa 314 m<sup>2</sup> per l'area interna, 2827 m<sup>2</sup> per la fascia intermedia e 7854 m<sup>2</sup> per la fascia esterna) (Figura 3.2.2 e Figura 3.2.3). I monitoraggi hanno avuto durata di 9 h/uomo, di cui 3 h destinate al monitoraggio delle specie erbacee e 6 h al monitoraggio delle specie arboree. Calcolando un tempo medio di ispezione/pianta di 1 min e 30 sec, è stato quindi individuato il numero massimo di piante ispezionabili nelle 6 ore di monitoraggio per le piante arboree. Il numero totale di piante da monitorare è stato rapportato alla superficie di ognuna delle tre aree, in modo da monitorare un numero di piante proporzionale alla superficie di ogni area oggetto di ispezione (Figura 3.2.3). Il tempo di monitoraggio totale destinato alle specie erbacee è stato quindi suddiviso per il numero di piante arboree, ottenendo un tempo di 35 sec di monitoraggio delle specie erbacee nei dintorni (un metro di distanza) delle piante arboree monitorate. Alle piante individuate è stato assegnato un numero, riportato sulla rispettiva pianta mediante nastro adesivo e marker indelebile.

Sono stati effettuati due lanci di *T. japonicus*, in entrambi i siti, uno il 29.VI.2020 (103 ♀♀ + 43 ♂♂ a Campogalliano, 107 ♀♀ + 44 ♂♂ a Sabbione) e uno il 31.VII.2020 (105 ♀♀ + 20 ♂♂ a Campogalliano, 453 ♀♀ + 83 ♂♂ a Sabbione).

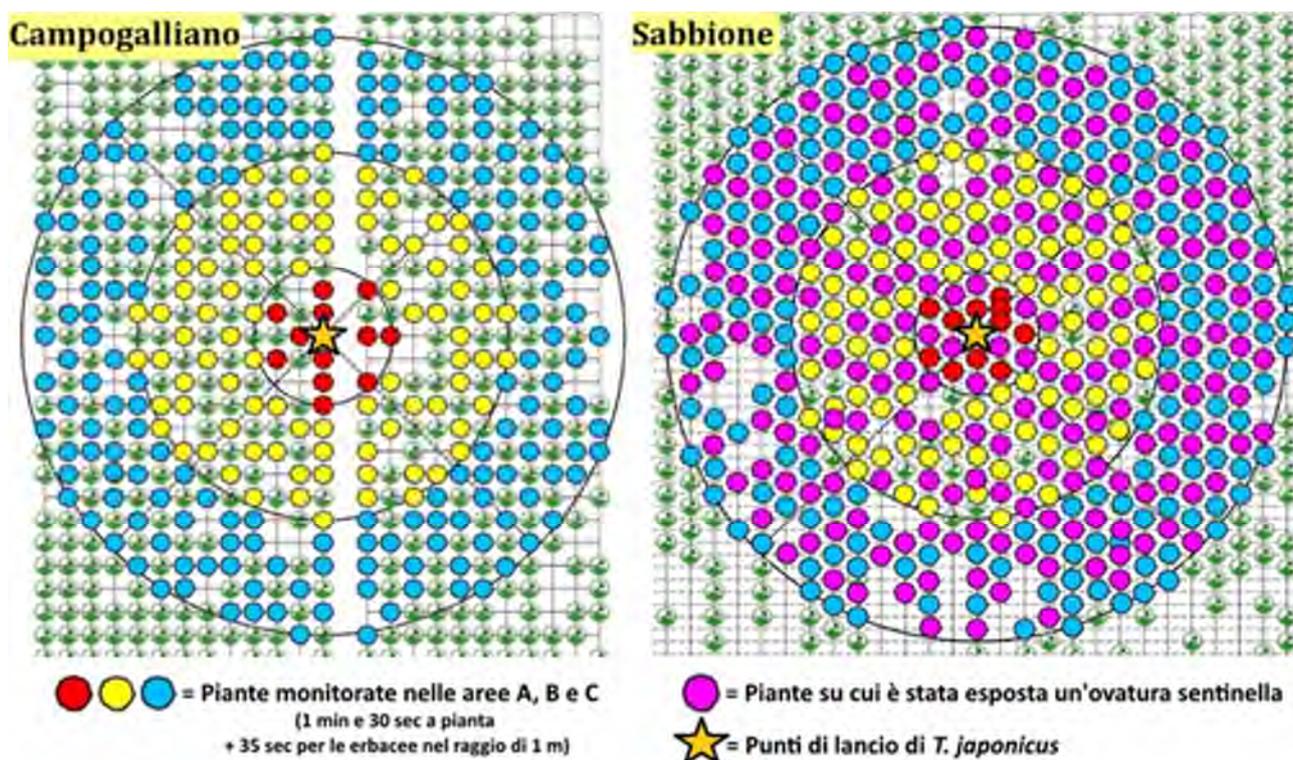
Sono stati effettuati in tutto quattro monitoraggi per ogni sito: uno pre-lancio il 25.VI.2020 per verificare l'eventuale presenza di popolazioni di *T. japonicus*, uno dopo ciascuno dei due lanci (dopo il primo lancio il 9.VII.2020 a Campogalliano e il 10.VII.2020 a Sabbione, dopo il secondo lancio il 6.VIII.2020 a Campogalliano e il 7.VIII.2020 a Sabbione) per valutare gli effetti immediati dei lanci, e un ultimo monitoraggio a distanza di circa un mese dall'ultimo lancio (il 7.IX.2020 a Campogalliano e l'8.IX.2020 a Sabbione), per valutare gli effetti su un periodo più lungo.

Il protocollo di monitoraggio consisteva nel raccogliere mediante controllo visivo, secondo i tempi e le modalità descritte, ogni ovatura di Heteroptera Pentatomidae individuabile, avendo cura di ritagliare la porzione di foglia su cui si trovassero e riponendole singolarmente in capsule Petri sigillate da nastro carta, corredate da un codice identificativo. Tale codice, assegnato al momento della raccolta, indica l'ubicazione del campo, il numero della pianta su cui è stata trovata l'ovatura (sia che provenisse dalla chioma di *P. tomentosa* che dalle essenze erbacee circostanti), data di

raccolta, un numero progressivo (nel caso fossero state trovate più ovature sulla stessa pianta) e, eventualmente, il nome scientifico dell'essenza erbacea. Per la raccolta delle ovature sono stati usati anche un carro per la raccolta della frutta telescopico (nel solo campo di Sabbione, dove le piante erano più alte) (Figura 3.2.1 H) e sveltatoi (lunghi fino a 4 metri). Le capsule Petri sono state conservate per almeno 30 giorni in laboratorio ( $28 \pm 2$  °C, 15:9 h L:D) per permettere agli eventuali parassitoidi di sfarfallare.



**Fig. 3.2.2.** Vista aerea dei due campi con le relative aree tracciate, in alto quello di Campogalliano (MO) e in basso quello di Sabbione (RE). Fonte: Google Maps e Google Earth.



**Fig. 3.2.3.** Fedele rappresentazione del protocollo di monitoraggio, con le piante soggette a ispezione e, nel caso di Sabbione, quelle su cui sono state esposte le ovature sentinella.

Per meglio monitorare la diffusione di *T. japonicus* dal punto di lancio sono state esposte, nel solo campo di Sabbione, ovature sentinella di *H. halys*, prodotte e refrigerate in laboratorio come descritto sopra. Per due volte, ciascuna dopo un lancio di *T. japonicus* (dal 29.VI.2020 al 9.VII.2020 e dal 29.VII.2020 al 6.VIII.2020, per una durata di esposizione rispettivamente di 11 e 8 giorni), sono state esposte 200 ovature sentinella su altrettante piante di *P. tomentosa*, con distribuzione uniforme sul totale delle tre aree, scegliendole in modo che non coincidessero con le piante ispezionate nei monitoraggi e mantenendo le proporzioni delle tre superfici (8 ovature nell'area piccola, 65 nella fascia intermedia e 127 nella fascia esterna) (Figura 3.2.3). A tali piante è stato assegnato un codice composto da una lettera indicante la fascia di appartenenza e un numero progressivo specifico per ogni pianta. Ogni ovatura, incollata con colla vinilica su pezzo di carta recante il codice, la data di inizio e fine esposizione e il numero di uova contenente, è stata posizionata sul tronco della rispettiva pianta a circa 1,5 m di altezza fissando il pezzo di carta con uno spillo. Ogni ovatura è stata affiancata da una foglia di *P. tomentosa*, fissata con laccio e lasciata per tutta la notte all'interno delle gabbie di allevamento delle cimici, affinché si fissassero eventuali caironi di *H. halys* e venissero prodotti dalle foglie semiochimici indotti dall'ovideposizione che potessero aiutare i *T. japonicus* a individuare le ovature (Figura 3.2.1 G).

Trascorsi i giorni di esposizione, le ovature sentinella sono state raccolte, poste singolarmente in capsule Petri sigillate da nastro carta e conservate per almeno 30 giorni in laboratorio ( $28 \pm 2$  °C, 15:9 h L:D) per permettere agli eventuali parassitoidi di sfarfallare.

La conservazione delle ovature per la categorizzazione, la verifica di parassitizzazione e la determinazione tassonomica sono descritte nel capitolo dell'Azione 3.3, a cui si rimanda.

I dati sono stati analizzati con Microsoft Excel e con software statistico R. Per misurare le performance di parassitizzazione sono stati calcolati tre indici percentuali:

- Parasitoid impact (%) = indica l'efficacia del parassitoide nel contenere la popolazione dell'ospite (tasso di parassitizzazione o percentuale delle uova parassitizzate), calcolato come  $(n^\circ \text{ di uova parassitizzate} / n^\circ \text{ totale di uova raccolte}) \times 100$
- Discovery efficiency (%) = indica la capacità del parassitoide di individuare le ovature sul campo, calcolato come  $(n^\circ \text{ ovature parassitizzate} / n^\circ \text{ di ovature totali raccolte}) \times 100$
- Exploitation efficiency (%) = indica la capacità del parassitoide di sfruttare la totalità o da una frazione delle uova che compongono l'ovatura parassitizzata, calcolato come  $(n^\circ \text{ uova da cui sono sfarfallati parassitoidi} / n^\circ \text{ di uova dell'ovatura}) \times 100$ .

#### **b) Prove in provincia di Modena e Reggio Emilia, anno 2021**

Le prove sperimentali sono state condotte in quattro differenti siti situati in frazioni o comuni della provincia di Reggio Emilia e Modena, accomunati dalle seguenti caratteristiche:

- Avere un elevato livello di infestazione da parte di *H. halys*, come rilevato da monitoraggi precedenti al presente studio;
- Essere stati selezionati come siti rilascio del parassitoide *T. japonicus* nel 2020 (anno precedente a questo studio);
- Essere esenti da trattamenti fitosanitari;
- Essere prossimi ad aree agricole frutticole a conduzione integrata;
- Essere caratterizzati da vegetazione diversificata sia dal punto di vista tassonomico che morfologico.

Sono quindi state selezionate quattro aree, le cui foto aeree sono riportate in Figura 3.2.4.

- Azienda agricola a conduzione biologica situata a Vignola (MO), con una superficie complessiva di circa 1,5 ha. In tale azienda non venivano utilizzati prodotti chimici di sintesi, ma pratiche colturali ed agronomiche come il mantenimento di una vegetazione diversificata in modo da poter dare rifugio a diverse popolazioni di insetti. Le principali colture sono: ciliegio, albicocco, pesco, susino, melo, pero, giuggiolo, mora, uva da tavola, actinidia. Tale sito si trova circondato da terreni adibiti alla coltivazione del ciliegio sottoposti a conduzione integrata in modo da poter valutare l'influenza dei trattamenti chimici nelle aree adiacenti rispetto all'area sottoposta al monitoraggio totalmente esente da prodotto chimici di sintesi (44°28'28.68"N, 11° 05'25"E);
- Boschetto confinato con area protetta situata a Marzaglia (MO), all'interno di un'azienda che sviluppa un'agricoltura principalmente vocata all'orticoltura rispettando criteri e spirito dell'agricoltura biologica (44°38'19.06"N, 10°48'40.80"E);
- Boschetto a prevalenza di frassini (*Fraxinus sp*) situato a Carpi (MO), circondato da coltivazioni orticole e frutticole a conduzione integrata (44°47'46.94"N, 10°56'46.81"E);
- Boschetto presso un'abitazione privata a Rio Saliceto (RE), circondato da coltivazioni cerealicole e vigneti a conduzione integrata (44°80'0.85"N, 10°79'6.21"E).



**Figura 3.2.4.** Foto aeree dei siti di monitoraggio del 2021 a Modena e Reggio Emilia. In ogni foto è anche indicato il punto di rilascio di *T. japonicus*. Fonte Google Earth.

Per la realizzazione delle prove sperimentali è stato seguito il seguente protocollo:

1. Individuazione del punto ottimale di lancio dei parassitoidi sulla base delle caratteristiche planimetriche del sito, effettuata a cura del Servizio Fitosanitario Regione Emilia-Romagna. Di seguito, per ciascuna area (tra parentesi il codice assegnato indicativo della provincia) vengono riportate le coordinate del punto di lancio: Vignola (Mo16): 44.47373° N, 11.0022° E ; Carpi (Mo57): 44.7969° N, 10.94595° E ; Rio Saliceto (Re04): 44.80127° N, 10.79598° E ; Marzaglia nuova (Mo63): 44.63909° N, 10.8150° E.
2. Posizionamento di data logger per registrare dati di temperatura ed umidità a cadenza settimanale.
3. Monitoraggio in ciascun sito pre-lancio in data 10, 11 giugno e 24 giugno 2021 per verificare la presenza di ovature di *H. halys*, ed eventualmente di altre specie non target. Ogni ovatura rinvenuto in campo è stata inserita in una provetta Falcon con tappo forato ed etichettata con una dicitura che comprendeva il codice specifico del sito, il nome dell'operatore, giorno e mese in cui è stata trovata, nome scientifico della pianta e numero sequenziale identificativo dell'ovatura contenuta.

4. Lancio del parassitoide *T. japonicus*, utilizzando individui forniti dai centri autorizzati a livello regionale per la produzione di tali parassitoidi. Sono stati effettuati due lanci a distanza di un mese l'uno dall'altro, con 100 individui femmine e 10 maschi per lancio.
5. Campionamento settimanale post-lancio. Per ogni ovatura trovata si è proceduto nel seguente modo: a) Raccolta della singola ovatura in provetta Falcon con tappo forato; b) etichettatura della provetta con data, luogo, specie della pianta e numero sequenziale identificativo dell'ovatura contenuta; c) Individuazione e segno, con il numero sequenziale identificativo, del punto di ritrovamento dell'ovatura sulla mappa planimetrica del sito, per stimare la distanza dal punto di lancio del *T. japonicus*.

Il campionamento consisteva nell'analizzare la vegetazione e la chioma degli alberi alla ricerca di ovature di cimice asiatica e di altre specie non target di pentatomidi. Tale campionamento, iniziato il 10/06/2021 e terminato il 03/09/2021, è stato effettuato a cadenza settimanale attraverso il monitoraggio visivo o con l'ausilio di specifiche attrezzature, come lo svettatoio, per raggiungere le parti più alte della chioma degli alberi. Per ciascun sito selezionato il protocollo prevedeva un tempo di campionamento di 6 ore uomo, durante il quale viene ispezionata la vegetazione, con particolare attenzione per la pagina inferiore della foglia di alberi come frassini (*Fraxinus* sp), acero campestre (*Acer campestre*), prugnolo selvatico (*Prunus spinosa*), sanguinello (*Cornus sanguinea*), *Prunus* sp, nocciolo (*Corylus avellana*), in un raggio massimo di circa 60 metri dai punti di lancio del *Trissolcus japonicus*.

Le ovature rinvenute venivano raccolte per intero insieme alla parte di vegetazione in cui erano state deposte e venivano inserite in provette Falcon chiuse con un tappo forato ed etichettate con un codice convenzionale in cui erano contenute informazioni identificative del sito, nome dell'operatore, giorno e mese di raccolta, nome scientifico della pianta e numero progressivo dell'ovatura trovata nel monitoraggio. Es. "Mo16 (codice del sito situato a Vignola (MO) \_AC (iniziali dell'operatore) \_10 giugno (data e mese) \_*Acer campestre* (nome scientifico della pianta) \_01 (numero sequenziale identificativo dell'ovatura in esame)". Ciascuna ovatura raccolta veniva georeferenziata attraverso l'applicazione "My maps" utilizzando la stessa dicitura impiegata per l'identificazione della provetta.

Tutte le ovature trovate in campo sono quindi state portate in laboratorio, suddivise per sito e giorno di campionamento e mantenute in ambiente controllato a 25 °C, 60-70% di umidità relativa e fotoperiodo di 16: 8L:D fino all'emergenza/sfarfallamento di tutte le uova. Dopo circa 40 giorni dalla raccolta si è proceduto all'analisi allo stereomicroscopio e all'identificazione tassonomica come indicato nell'Azione 3.3., a cui si rimanda. Nel caso di uova già schiuse in campo (ovatura raccolta con parassitoidi già sfarfallati prima del rinvenimento) venivano contati i fori di sfarfallamento di parassitoidi, con distinzione tra fori operati da specie di Scelionidae e di Eupelmidae. I parassitoidi identificati sono poi stati conservati in provette Eppendorf da 1.5 mL, in soluzione idroalcolica al 70% e con etichetta identificativa della provetta d'origine (data, luogo, pianta e numero sequenziale identificativo dell'ovatura di partenza).

I dati ottenuti sono stati tabulati distinguendoli per sito, data, monitoraggio pre o post lancio, sottoposti ad elaborazione statistica ed infine analizzati e confrontati con i risultati ottenuti dalle prove sperimentali delle annate precedenti.

### c) Prove in provincia di Ferrara e Forlì-Cesena, anno 2020

Per queste indagini di dettaglio, nel 2020 sono stati selezionati tre campi di *Paulownia tomentosa* Steud., uno in provincia di Forlì-Cesena (FC) Roncadello, (44.277566° N, 12.039636° E) (Figura 3.2.5 in alto) e due in provincia di Ferrara (FE) Montesanto, (44.728503° N, 11.726381° E) e Voghiera, (44.75025° N, 11.744811° E) (Figura 3.2.5 al centro e in basso). Una volta mappati i campi per definire la geometria dell'impianto e le distanze delle aree ispezionabili (diverse circonferenze concentriche e centrate col punto di lancio: 0-10 m, 10-30 m, 30-50 m e > 50 m), è stato individuato il punto di lancio dei *T. japonicus*, circa al centro di ciascun campo. I monitoraggi hanno avuto durata di 6 h/uomo destinati al solo monitoraggio delle specie arboree (in particolare della Paulownia).

Nel sito di Roncadello (FC) sono stati effettuati due lanci di *T. japonicus* (100 ♀ + 10 ♂), il primo rilascio è stato effettuato il 25.VI.2020 e il secondo il 23.VII.2020.

Nei siti di Montesanto e Voghiera (FE) è stato effettuato un solo lancio di *T. japonicus* (100 ♀ + 10 ♂), il 29.VII.2020.

Nel sito di Roncadello (FC) sono stati effettuati in tutto quattro campionamenti delle ovature: uno pre-lancio il 25.VI.2020 per verificare l'eventuale presenza naturale di popolazioni di *T. japonicus*, uno dopo ciascuno dei due lanci (dopo il primo lancio il 30.VI.2020, dopo il secondo lancio il 3.VIII.2020) per valutare gli effetti immediati dei lanci, e un ultimo monitoraggio a distanza di circa un mese dall'ultimo lancio (il 24.VIII.2020), per valutare gli effetti su un periodo più lungo.

Nei siti di Montesanto e Voghiera (FE) sono stati effettuati in tutto quattro campionamenti delle ovature per ogni sito: due prima del lancio il 09.VII.2020 e il 22.VII.2020 e due dopo il lancio il 10.VIII.2020 e il 01.IX.2020.

Il protocollo di campionamento delle ovature consisteva nel raccogliere mediante controllo visivo, secondo i tempi e le modalità descritte, ogni ovatura di Heteroptera Pentatomidae individuabile, avendo cura di ritagliare la porzione di foglia su cui si trovassero e riponendole singolarmente in capsule Petri sigillate da nastro carta, corredate da un codice identificativo. Tale codice, assegnato al momento della raccolta, indica l'ubicazione del campo, data di raccolta, un numero progressivo e il nome scientifico della pianta sulla quale è stata trovata l'ovatura. Per la raccolta delle ovature sono stati usati anche un carro per la raccolta della frutta (nel solo campo di Roncadello, dove le piante erano più alte) (Figura 3.2.1 H) e sveltatoi telescopici (estendibili fino a 10 metri). Le piastre Petri sono state conservate per almeno 30 giorni in laboratorio (28 ± 2 °C, 15 : 9 h L : D) per permettere agli eventuali parassitoidi di sfarfallare.

### Roncadello (FC)



### Montesanto (FE)



### Voghiera (FE)



**Figura 3.2.5.** Foto aeree dei siti oggetto delle indagini di dettaglio realizzate nel 2020 a Forlì-Cesena e Ferrara. In ogni foto è anche indicato il punto di rilascio di *T. japonicus*. Fonte Google Earth.

#### **d) Prove in provincia di Ferrara e Forlì-Cesena, anno 2021**

Per queste indagini di dettaglio, nel 2021 sono stati selezionati due campi di *Paulownia tomentosa* Steud., uno in provincia di Forlì-Cesena (FC) Roncadello, (44.277566° N, 12.039636° E) e uno in provincia di Ferrara (FE) Montesanto, (44.728503° N, 11.726381° E); i siti sono gli stessi utilizzati nella stagione 2020 (Figura 3.2.5). I monitoraggi hanno avuto durata di 6 h/uomo destinati al monitoraggio delle specie arboree.

Nel sito di Roncadello (FC) sono stati effettuati due lanci di *T. japonicus* (100 ♀ + 10 ♂), il primo rilascio è stato effettuato il 18.VI.2021 e il secondo il 16.VII.2021. Nel sito di Montesanto (FE) oggetto dell'indagine, nel 2021 non sono stati effettuati lanci di *T. japonicus*. Pertanto durante questa annualità a Roncadello sono stati valutati gli effetti del rilascio di *T. japonicus* su due stagioni (2020 e 2021), mentre a Montesanto gli effetti del rilascio di *T. japonicus* si riferiscono solo alla stagione precedente l'indagine (2020).

Nel sito di Roncadello (FC) sono stati effettuati in tutto quattro campionamenti delle ovature: uno dopo il primo lancio il 12.VII.2021 e tre dopo il secondo lancio il 12.VIII.2021, il 31.VIII.2021 e il 16.IX.2021. Nel sito di Montesanto (FE) sono stati effettuati quattro campionamenti delle ovature: rispettivamente il 16.VII.2021, il 11.VIII.2021, il 02.IX.2021 e il 23.IX.2021 per valutare gli effetti della parassitizzazione ad un anno di distanza dal rilascio di *T. japonicus*.

Il protocollo di monitoraggio è stato identico a quello dell'anno 2020 descritto precedentemente.

#### **e) Prova in provincia di Ferrara, anno 2020**

##### Caratteristiche del sito di indagine

Il sito oggetto di questa indagine, il giardino di un'abitazione di circa 7000 m<sup>2</sup> (44° 47' 57" N, 11° 37' 49" E) si trovava a Fossanova San Marco, frazione del comune di Ferrara (Figura 3.2.6). La scelta è ricaduta su questo luogo per l'abbondante presenza di specie arboree e arbustive, abbinate ad una modesta quantità di piante da frutto e ad una parte dedicata ad alcune coltivazioni ortive, entrambe destinate per il consumo domestico del proprietario. Inoltre, il sito è collocato in una zona ad alta presenza di frutteti, presenti anche nelle immediate vicinanze, che hanno probabilmente contribuito all'elevato numero di individui adulti di *H. halys* presenti. La vegetazione presente era abbastanza diversificata sia dal punto di vista tassonomico che strutturale. Da segnalare l'abbondante presenza di edera (*Hedera helix* L.) sulla maggior parte degli alberi presenti.



**Figura 3.2.6.** Mappa del sito di Fossanova San Marco (FE).

#### Campionamento delle ovature

Una volta identificato il sito, in data 30/06/2020 si è proceduto ad un pre-campionamento, come da disposizioni regionali, per valutare quali specie di ooparassitoidi presenti nel luogo e seguirne lo sviluppo nel corso della stagione. Le ovature raccolte sono state poste in provette Falcon da 50 mL etichettate con data e luogo, provviste di tappo forato con retina per la circolazione dell'aria. Questo campionamento, unitamente ad altri condotti l'anno precedente nello stesso luogo per un diverso studio, ha evidenziato la presenza di due specie di ooparassitoidi: *A. bifasciatus* e *T. mitsukurii*.

In data 30 giugno e 29 luglio sono stati effettuati i lanci di esemplari adulti appena sfarfallati di *T. japonicus*. Si è provveduto a liberare 110 esemplari adulti per lancio, per un totale di 220 individui di *T. japonicus*, allevati dall'Università di Bologna. Si è scelto il punto di lancio in maniera che fosse più centrale possibile al sito. I parassitoidi si trovavano in provette Falcon con tappo provvisto di rete per la circolazione dell'aria e una piccola quantità di miele per il sostentamento degli insetti. I contenitori sono stati aperti e appesi ad un albero di kaki (*Diospyros kaki* L.) per consentire l'uscita dei parassitoidi.

Successivamente, nel periodo compreso tra il 15/07 e il 23/09, sono stati effettuati controlli a cadenza settimanale, con lo scopo di raccogliere le ovature di pentatomidi. Per assicurare la ricognizione completa del sito, i controlli sono stati effettuati per almeno 9 ore/uomo in ciascuno dei rilievi. Ogni ovatura trovata è stata posta in una provetta Falcon con tappo retinato, e contrassegnata con la data, la specie dell'albero e il numero sequenziale, sia sulla provetta che in una mappa geografica del sito. Questo ha reso possibile stimare, in fase di elaborazione dei dati, la distanza dell'ovatura dal punto di lancio.

#### Identificazione del materiale raccolto

Le ovature raccolte sono state incubate per 40 giorni in ambiente controllato a 25 °C, 60-70% UR e fotoperiodo di 16 ore luce e 8 ore buio, per permettere lo sfarfallamento di tutte le uova chiuse, ed

identificare quindi gli eventuali parassitoidi. Questi ultimi, sono stati prelevati e identificati su base morfologica utilizzando un microscopio stereoscopico.

#### Elaborazione dati per calcolare la parassitizzazione

Una volta raccolti i dati sulle ovature, questi sono stati elaborati per ottenere i parametri utilizzati per valutare l'attività dei parassitoidi. Per quanto riguarda la percentuale di parassitizzazione, questa è stata ottenuta come indicato nella formula sottostante:

$$\% \text{ parassitizzazione} = \frac{\text{N}^\circ \text{ parassitoidi}}{\text{N}^\circ \text{ uova totali}} \times 100$$

In fase di elaborazione della percentuale di parassitizzazione è stata fatta una suddivisione dei parassitoidi. Si è provveduto a tenere separate le uova dalle quali i parassitoidi sono sfarfallati in campo e quelle dove i parassitoidi sono sfarfallati in laboratorio. Questa distinzione si è resa necessaria dal momento che, in caso di ovature già sfarfallate, non si è in grado di discernere con sufficiente certezza quelle parassitizzate da *T. japonicus* e quelle da *T. mitsukurii*. Queste ovature hanno concorso ugualmente al calcolo della parassitizzazione a livello di famiglia. Nel caso invece dei parassitoidi sfarfallati in laboratorio la parassitizzazione è stata calcolata a livello di specie. Sono stati frequenti i casi in cui, al momento della raccolta dell'ovatura, questa presentasse una parte di uova parassitizzate ancora chiuse e una parte da dove era già sfarfallato il parassitoide. In tali casi, un unico parassitoide sfarfallato in laboratorio è stato considerato sufficiente per assegnare la totalità delle uova parassitizzate a quella specie. Va precisato che questa approssimazione è stata fatta solo nei casi in cui non fosse evidente la presenza di due parassitoidi facilmente distinguibili, come ad esempio *A. bifasciatus* con *Trissolcus* spp.

#### Elaborazione dati per calcolare lo sfruttamento

La capacità di sfruttamento dell'ovatura è uno dei tanti parametri che hanno portato alla scelta di *T. japonicus* come possibile candidato per il controllo biologico di *H. halys*. Permette di comprendere come un parassitoide sfrutti un'ovatura, ovvero la percentuale di uova parassitizzate per ovatura. Si può calcolare con un semplice rapporto, come indicato nella formula sottostante:

$$\text{Tasso di sfruttamento} = \frac{\text{N}^\circ \text{ uova parassitizzate}}{\text{N}^\circ \text{ uova di un ovatura}} \times 100$$

Per i motivi già elencati nei paragrafi precedenti, le uova e le ovature considerate in fase di calcolo del tasso di sfruttamento sono state solamente quelle dalle quali i parassitoidi sono sfarfallati in laboratorio, tralasciando quelle da dove i parassitoidi erano già sfarfallati in campo.

Inoltre, data l'importante quantità di *A. sinicus* rinvenuti, è stato calcolato anche il tasso di sfruttamento di questo iperparassitoide. In questo caso però, a differenza dell'espressione soprastante, al denominatore non è stato posto il numero delle uova dell'ovatura, bensì, il numero

delle uova parassitizzate dell'ovatura. Questo perché, essendo *A. sinicus* un iperparassitoide, può sfruttare solo le uova già parassitizzate in precedenza.

#### Elaborazione dati per la distanza di parassitizzazione

Come descritto in precedenza, in fase di raccolta, le ovature sono state georeferenziate, annotando la posizione di ritrovamento su di una mappa. Questa operazione ha dato la possibilità di stimare la capacità di spostamento di *T. japonicus* rispetto al punto di lancio. Ai fini di ciò, sono state considerate solamente le ovature con presenza di almeno un esemplare di *T. japonicus* sfarfallato. In seguito, è stata calcolata la percentuale di parassitizzazione delle ovature in questione.

Per l'analisi della parassitizzazione dovuta a *T. japonicus* in funzione della distanza dal punto di rilascio, quest'ultima è stata suddivisa in 11 intervalli di 5 m ciascuno (da 0 a 5 m fino a 50-55 m). Nell'ambito di ciascun intervallo è stata calcolata la percentuale di uova parassitizzate da *T. japonicus*. Queste percentuali di parassitizzazione sono state inserite come variabile dipendente in diversi tipi di regressione curvilinea. Sulla base del valore di  $R^2$ , la funzione che meglio interpolava i punti sperimentali è risultata quella inversa:

$$y = b_0 + b_1/x$$

Con:

y = percentuale di parassitizzazione da *T. japonicus*;

x = distanza dal punto di rilascio rilevata in intervalli regolari di 5 m;

L'analisi statistica è stata condotta con il software IBM SPSS Statistics ver 26.

#### **f) Prova in provincia di Ferrara, anno 2021**

##### Caratteristiche dei siti di indagine

Nel secondo anno di sperimentazione, oltre al sito di Fossanova San Marco già campionato nel 2020 e precedentemente descritto (Fig. 3.2.6), è stato aggiunto un secondo sito sempre in provincia di Ferrara ubicato nel comune di Gallo. L'area seminaturale investigata era nelle vicinanze di un grande macero in prossimità della cittadina ed era circondata da seminativi (Fig. 3.2.7). La vegetazione del sito era caratterizzata prevalentemente da piante arbustive di varie dimensioni: *Ulmus minor*, *Amorpha fruticosa*, *Prunus spinosa*, *Hedera Helix*, *Salix alba*, *Corylus avellana*.



**Figura 3.2.7.** Mappa del sito di Gallo (FE).

#### Campionamento delle ovature

I rilievi per la ricerca delle ovature sono iniziati in entrambi i siti il 05/05/21 e sono stati svolti con cadenza quindicinale fino al ritrovamento della prima ovatura di *H. halys* avvenuto il 17/06/2021. Da quel momento in poi fino al 23/09/21 la frequenza dei campionamenti è stata settimanale. Le modalità di ricerca, conservazione delle ovature e identificazione del materiale sono state condotte con le stesse metodiche già descritte in precedenza per le sperimentazioni del 2020.

Nel solo sito di Gallo, in data 6 giugno e 29 luglio sono stati effettuati i lanci di esemplari adulti appena sfarfallati di *T. japonicus*, rilasciando circa 110 esemplari adulti per lancio allevati dall'Università di Bologna. Nel 2021 non sono stati fatti rilasci di *T. japonicus* nel sito di Fossanova San Marco, in modo da verificare l'insediamento e lo svernamento degli individui lanciati nell'anno precedente.

#### Elaborazione dati

Anche nel 2021 le analisi dei dati sono state condotte in modo analogo all'annata precedente, e quindi si rimanda a quanto descritto per il 2020 per i dettagli.

### **RISULTATI**

Vengono presentati nel dettaglio i risultati separati per i diversi siti e per le diverse annualità.

#### **a) Prove in provincia di Modena e Reggio Emilia, anno 2020**

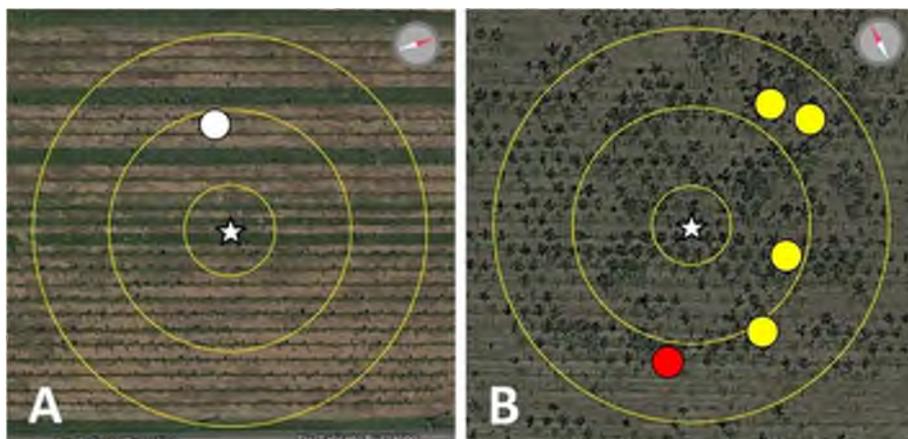
##### **Dispersione di *Trissolcus japonicus***

Adulti di *T. japonicus* sono sfarfallati in tutto da 6 ovature di *H. halys* naturalmente deposte (Tabella 3.2.1). Di queste, 4 si trovavano nell'area più esterna (C) e 2 nell'area intermedia (B), sebbene vicino

al confine con l'area esterna (Figura 3.2.8). Le distanze dal punto di lancio variano da minimo di 25 m a un massimo di 40 m. Il parasitoid impact (PI) varia dallo 0,03% dell'ultimo monitoraggio al 2% del post-2° lancio. La discovery efficiency (DE) varia dallo 0,5% al 3,3%, l'exploitation efficiency (EE) dal 3,6% al 100%. Da due ovature, oltre a *T. japonicus*, sono sfarfallati anche *A. bifasciatus* in un caso, e *T. mitsukurii* e *A. bifasciatus* nell'altro. In entrambe queste ovature, *T. japonicus* è risultata la specie che ha parassitizzato il minor numero di uova. Nessun *T. japonicus* è stato rinvenuto sulle ovature sentinella.

Campo	Monitoraggio	Area	Distanza dal lancio	n° uova nell'ovatura	n° uova parassitizzate*	PI	DE	EE	Altri parassitoidi sfarfallati dalla stessa ovatura
Campogalliano	Post-1° lancio	B	28 m	26	26	1,22%	1,10%	100%	
Sabbione		C	37 m	25	25				
Sabbione	Post-2° lancio	C	40 m	18	1	2,03%	3,33%	56,12%	12 <i>A. bifasciatus</i> (+1 PT)
Sabbione		C	32 m	27	27				
Sabbione		B	25 m	28	4				
Sabbione	3° post-lanci	C	35 m	28	1	0,03%	0,51%	3,57%	8 <i>T. mitsukurii</i> (+7 PT), 4 <i>A. bifasciatus</i> (+3 PT)

**Tabella 3.2.1.** Dati sulle ovature naturalmente deposte parassitizzate da *T. japonicus* (PI = parasitoid impact, DE = discovery efficiency, EE = exploitation efficiency, \* = sono considerati sia gli adulti sfarfallati che i PT) a Campogalliano (MO) e Sabbione (RE) nel 2020.

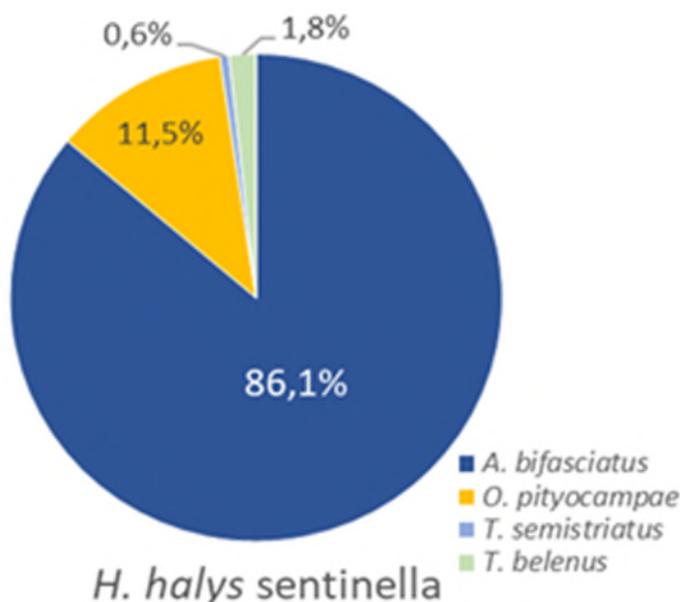


**Figura 3.2.8.** Punti di raccolta delle ovature parassitizzate da *T. japonicus*, a Campogalliano (A) durante il monitoraggio dopo il primo lancio (cerchio bianco) e a Sabbione (B) durante il monitoraggio dopo il secondo lancio (cerchi gialli) e durante l'ultimo monitoraggio (cerchio rosso).

### Parassitoidi dalle ovature sentinella (sito di Sabbione)

A causa di eccezionali eventi meteorologici avversi avvenuti durante i periodi di esposizione, sono andate perse il 22% e il 30% delle ovature sentinella, rispettivamente nella prima e nella seconda esposizione. Considerando quindi solo le ovature recuperate, in Figura 3.2.9 si osserva come la parassitizzazione sia avvenuta solo da parte di specie native, in particolare da *Anastatus bifasciatus*

(86%), seguito da *Ooencyrtus pityocampae*, *Trissolcus belenus* e *T. semistriatus*. La Tabella 3.2.2 mostra gli indici di parassitizzazione delle diverse specie.



**Figura 3.2.9.** Composizione percentuale delle specie parassitoidi rinvenute sulle ovature sentinella refrigerate di *H. halys* nelle due esposizioni a Sabbione (RE) nel 2020.

	Ovature tot	Uova tot	Uova predate	Uova con adulti sfarfallati	Parassitoid traps	Larve, pupae e meconi	<i>A. bifasciatus</i>				<i>O. pityocampae</i>				<i>T. belenus</i>				<i>T. semistriatus</i>			
							Adulti	PI	DE	EE	Adulti	PI	DE	EE	Adulti	PI	DE	EE	Adulti	PI	DE	EE
1° esp.	156	4011	0,3%	8,0%	0,4%	0,6%	291	7,3%	18,6%	41,0%	78	1,1%	5,1%	23,0%	22	0,5%	0,6%	81,5%	3	0,1%	1,3%	5,7%
2° esp.	140	3890	3,3%	7,8%	0,1%	0,7%	304	7,8%	24,3%	32,0%	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0,1%	0,7%	7,1%

**Tabella 3.2.2.** Dati relativi le ovature sentinella refrigerate di *H. halys* recuperate dalle due esposizioni a Sabbione (RE) e indici (inclusi i PT) dei parassitoidi rinvenuti nel 2020.

### Parassitoidi ottenuti dalle ovature naturalmente deposte

Sono state raccolte in tutto 436 ovature (11.241 uova) di *H. halys*, 125 ovature (3.205 uova) di *D. baccarum*, 46 ovature (4.363 uova) di *N. viridula* (la quasi totalità a Campogalliano) e 5 ovature (68 uova) appartenenti ad altre specie indeterminate di Pentatomidae. Tutte le ovature di *H. halys* sono state rinvenute su *P. tomentosa*, ad eccezione di 24 rinvenute su piante erbacee, in particolare su *Taraxacum officinale* (W.), *Conyza canadensis* (L.) (Asteraceae), *Chenopodium album* L., *Amaranthus retroflexus* L. (Amaranthaceae), *Solanum nigrum* L. (Solanaceae) e *Convolvulus arvensis* L. (Convolvulaceae), di due rinvenute su giovani piante, assimilabili per dimensioni a piante erbacee, di *Morus* sp. (Moraceae) e di una su *Juglans regia* L. (Juglandaceae).

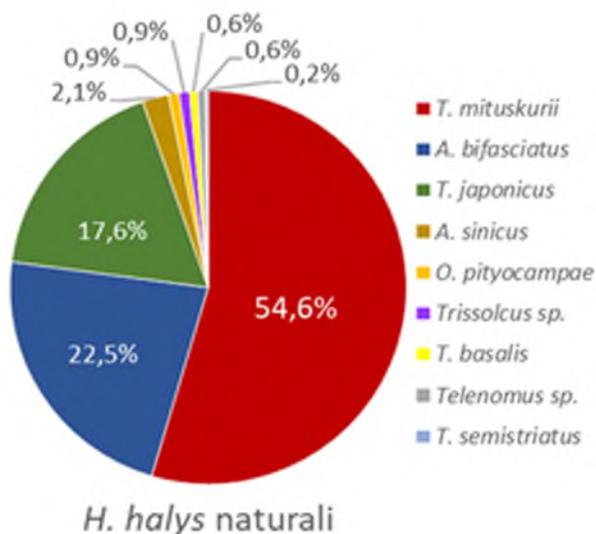
Sul totale di uova di *H. halys* raccolte nei due campi e in tutti e quattro i monitoraggi, il 46,1% si è normalmente schiuso, il 23,3% è stato predato (di cui l'8,2% mangiato e il 15,1% succhiato), il 3,4% è costituito da neanidi sviluppate che non sono riuscite ad uscire correttamente dall'uovo (NT), l'11,5% è stato parassitizzato (considerando sia i fori di sfarfallamento già presenti alla raccolta e gli adulti sfarfallati in laboratorio, sia le uova che dopo la dissezione si sono rivelate contenere PT, pupe, larve e meconi di parassitoidi che non hanno compiuto lo sviluppo) e infine il 15,7% è costituito da uova abortite. In Tabella 3.2.3 si riportano le percentuali relative ai singoli monitoraggi e alle altre specie di Pentatomidae.

	Specie ospite	Ovature raccolte	Uova raccolte	Uova schiuse (%)	Uova predate (%)	Uova succhiate (%)	Uova abortite (%)	Nymph traps (%)	Uova parass. (%)	Ovature parass.	Parass. sfarfallati
Pre-lanci	<i>H. halys</i>	28	782	48,5%	4,1%	5,2%	40,9%	1,3%	-	-	-
	<i>D. baccarum</i>	25	635	33,7%	0,2%	0,8%	38,1%	-	27,2%	7	72
Post-1° lancio	<i>H. halys</i>	91	2426	60,8%	1,7%	10,5%	21,8%	1,2%	4,1%	13	40
	<i>D. baccarum</i>	76	1999	47,5%	0,3%	2,6%	13,3%	1,1%	35,2%	33	438
	<i>N. viridula</i>	2	215	38,1%	-	-	61,9%	-	-	-	-
Post-2° lancio	<i>H. halys</i>	120	3130	50,0%	3,5%	7,0%	20,8%	7,3%	11,4%	23	273
	<i>D. baccarum</i>	20	501	20,0%	11,6%	3,0%	13,2%	9,4%	42,9%	10	86
	<i>N. viridula</i>	14	1465	49,6%	0,3%	6,4%	18,3%	17,1%	8,3%	3	53
	Altre specie	5	68	41,2%	-	19,1%	5,9%	-	33,8%	2	6
3° post lanci	<i>H. halys</i>	197	4903	36,0%	15,1%	24,2%	5,3%	2,5%	17,0%	52	155
	<i>D. baccarum</i>	4	84	94,0%	-	-	6,0%	-	-	-	-
	<i>N. viridula</i>	29	2683	65,2%	7,4%	13,2%	10,7%	0,1%	3,4%	3	-

**Tabella 3.2.3.** Numero di ovature, uova, uova parassitizzate, parassitoidi sfarfallati, e percentuali di uova schiuse, predate, abortite, nymph traps e parassitizzate (compresi parassitoid traps, larve e meconi) delle uova di Pentatomidae naturalmente deposte raccolte a Sabbione (RE) e Campogalliano (MO), divise per monitoraggio durante il 2020.

Un totale di 468 individui di parassitoidi è sfarfallato con successo in laboratorio dalle ovature di *H. halys*. Tra questi, *T. mitsukurii* è stato il più abbondante (54,6% dei parassitoidi), seguito da *A. bifasciatus* (22,5%), *T. japonicus* (17,6%), *A. sinicus* (2,1%) e, tutti sotto l'1%, *O. pityocampae*, *T. basalis*, *T. semistriatus*, *Telenomus* sp. e altri individui indeterminati di *Trissolcus* sp (Figura 3.2.10).

Delle 28 ovature di *H. halys*, trovate nei due campi durante il monitoraggio pre-lanci di *T. japonicus*, nessuna si è rivelata parassitizzata, né con fori di sfarfallamento già presenti al momento della raccolta né al momento della dissezione.

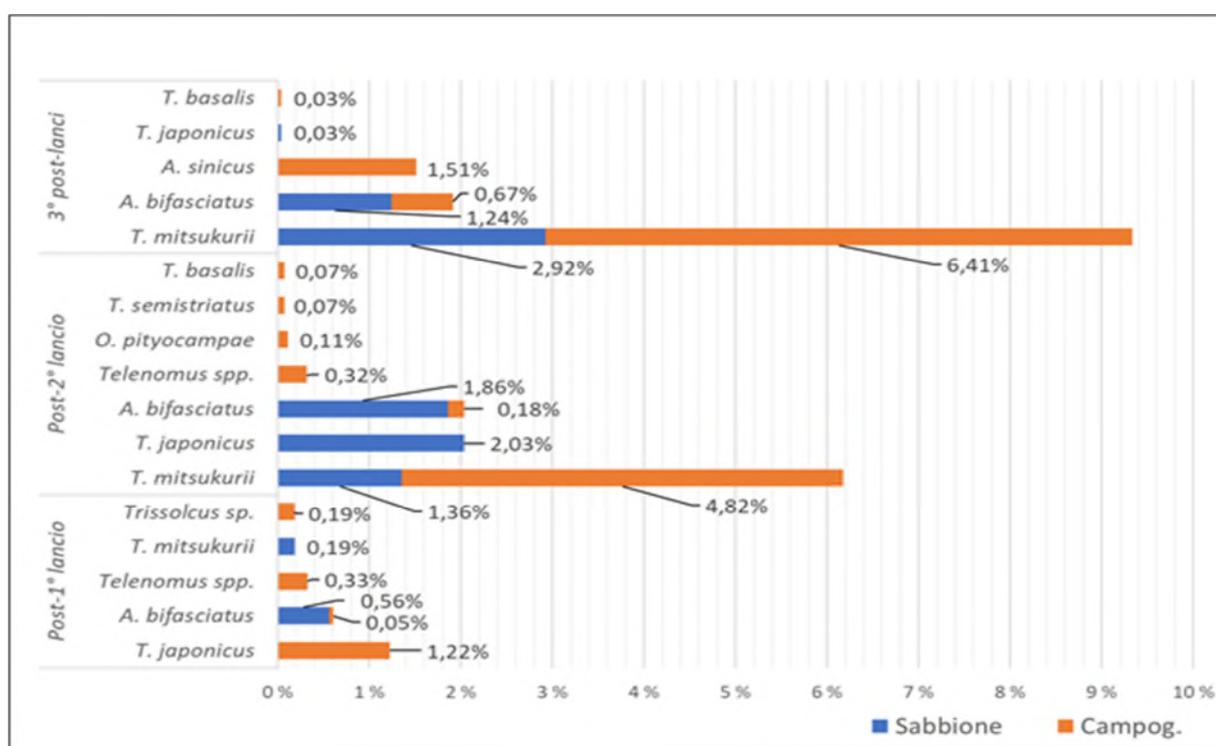


**Figura 3.2.10.** Composizione percentuale delle specie di parassitoidi sfarfallate da ovature naturalmente deposte di *H. halys* nei due campi (Sabbione - RE e Campogalliano - MO) e in tutti i monitoraggi effettuati durante il 2020.

Nel monitoraggio post-primo lancio, *T. japonicus* si è rivelata la specie con il parasitoid impact più alto nei due campi (1,22%), basato però su un'unica ovatura parassitizzata (26 adulti sfarfallati) trovata a Campogalliano. Pochissime altre specie sono infatti state rinvenute, la seconda più significativa delle quali *A. bifasciatus* (impatto dello 0,56% a Sabbione, che scende allo 0,05% a Campogalliano), sfarfallato da 4 ovature. Interessante lo sfarfallamento di 7 *Telenomus sp.* da tre ovature a Campogalliano, che lo rende il terzo parassitoide per impatto nei due campi (0,3%). *T. mitsukurii* è stato invece rinvenuto su solo una ovatura a Campogalliano, con 4 adulti sfarfallati (impatto del 0,19%) (Figura 3.2.11).

Risultati molto diversi sono stati ottenuti negli ultimi due monitoraggi, dove *T. mitsukurii* si è rivelato di gran lunga il più abbondante, soprattutto a Campogalliano (parasitoid impact del 4,8% nel post-secondo lancio e del 6,4% nell'ultimo monitoraggio) e a Sabbione nell'ultimo monitoraggio (impatto del 2,9%). *T. japonicus* diventa invece il parassitoide più abbondante a Sabbione nel monitoraggio post-secondo lancio (impatto del 2%), tuttavia, non abbastanza per competere con il parasitoid impact di *T. mitsukurii* del 6,2% calcolato su entrambi i campi in questo monitoraggio. Nell'ultimo monitoraggio infine, *T. japonicus* diventa uno dei parassitoidi meno abbondanti, con l'impatto del tutto trascurabile dello 0,03%, identico a quello di *T. basalis*. *A. bifasciatus* nel monitoraggio post-secondo lancio ha un impatto molto simile, e tuttavia inferiore, a quello di *T. japonicus* nel solo campo di Sabbione (1,86%), ma identico (2%) se si considerano tutti e due i campi insieme. *A. bifasciatus*, nell'ultimo monitoraggio, diventa il secondo parassitoide più abbondante dopo *T. mitsukurii* (impatto totale dell'1,9%), ma il terzo se si considera il solo campo di Campogalliano, superato da *A. sinicus* (parasitoid impact dello 1,5%), trovato solo in questo monitoraggio e solo in questo campo (Figura 3.2.8). L'impatto di *Telenomus sp.*, trovato anche nel monitoraggio post-secondo lancio (9 individui da 3 ovature), non varia rispetto a quello precedente, e la sua presenza su *H. halys* rimane limitata al solo campo di Campogalliano (Figura 3.2.11).

In merito alle ovature naturalmente deposte, il campo di Campogalliano si è rivelato quello a più alta diversità di specie di parassitoidi su uova di *H. halys*. Oltre al caso di *Telenomus* sp. già citato, nel monitoraggio post-secondo lancio sono stati rinvenuti, sempre in pochi esemplari, *O. pityocampae* (4 individui da una ovatura), *T. semistriatus* e *T. basalis* (in una stessa ovatura sono sfarfallati una femmina del primo e un maschio e una femmina del secondo). Nell'ultimo monitoraggio, infine, oltre a *T. basalis* (1 individuo da una ovatura), sono state 4 le ovature parassitizzate dall'iperparassitoide *A. sinicus*, in un caso associato a *T. mitsukurii*, in un altro sia *T. mitsukurii* che *A. bifasciatus* sono sfarfallati dalla stessa ovatura. Nonostante anche a Sabbione siano stati rinvenuti *T. semistriatus* e *Telenomus* sp. su ovature di *D. baccarum* (si ricordino anche i pochi individui di *T. semistriatus* e *T. belenus* sulle ovature sentinella), in questo campo solo *T. japonicus*, *T. mitsukurii* e *A. bifasciatus* sono stati rinvenuti sulle ovature naturalmente deposte di *H. halys* (Fig. 3.2.11).



**Figura 3.2.11.** Parasitoid Impact delle diverse specie di parassitoidi (sia sfarfallati che parasitoid traps) di *H. halys* divise per campo e monitoraggio a Sabbione (RE) e Campogalliano (MO) nel 2020.

Da notare che *T. mitsukuri* si è rivelato il parassitoide con le migliori capacità di ricerca delle ovature di *H. halys* (discovery efficiency fino al 19,8%) e di sfruttamento delle ovature trovate (exploitation efficiency fino al 76,2%), seguito da *A. bifasciatus* (d.e. fino al 5,5% ed e.e. fino al 44,2%). *T. japonicus* mostra una discovery efficiency massima del 3,3%, simile a quella di *Telenomus* sp., e una exploitation efficiency massima del 100%, basata tuttavia sull'unica ovatura trovata nel monitoraggio post-primo lancio a Campogalliano, che si abbassa al 56% nel monitoraggio post-secondo lancio di Sabbione, dove più dati sono disponibili (Tabella 3.2.4).

	Post-1° lancio			Post-2° lancio			3° post-lanci		
	Adulti*	DE	EE	Adulti*	DE	EE	Adulti*	DE	EE
<i>A. bifasciatus</i>	13	5,49%	15,85%	57	4,17%	44,19%	57	3,55%	38,26%
<i>T. mitsukurii</i>	4	1,10%	14,29%	173	7,50%	76,21%	278	19,80%	49,38%
<i>T. japonicus</i>	26	1,10%	100%	57	3,33%	56,12%	1	0,51%	3,57%
<i>A. sinicus</i>	-	-	-	-	-	-	45	2,03%	57,69%
<i>O. pityocampae</i>	-	-	-	3	0,83%	11,54%	-	-	-
<i>Telenomus sp.</i>	7	3,30%	8,86%	9	2,50%	14,29%	-	-	-
<i>T. basalis</i>	-	-	-	2	0,83%	10,53%	1	0,51%	3,85%
<i>T. semistriatus</i>	-	-	-	2	1,67%	4,76%	-	-	-
<i>Trissolcus sp.</i>	4	1,10%	14,29%	-	-	-	-	-	-

**Tabella 3.2.4.** Parassitoidi da uova naturalmente deposte di *H. halys* raccolte a Campogalliano (MO) e Sabbione (RE) divisi per specie e monitoraggio, con i relativi indici di discovery efficiency ed exploitation efficiency (\* = sono compresi anche i PT) (DE = discovery efficiency, EE = exploitation efficiency) nel 2020.

### Impatto su ovature di eterotteri non-target

Per quanto riguarda i non-target, nelle uova di *N. viridula* sono stati rinvenuti solo *T. basalis* (nel monitoraggio post-secondo lancio in due ovature, con 20 e 33 individui sfarfallati, e rispettivamente 36 e 16 PT, e nell'ultimo monitoraggio 70 PT da un'unica ovatura), oltre ad altri 8 maschi di *Trissolcus sp.* indeterminati, sfarfallati da due ovature nell'ultimo monitoraggio (Tabella 3.2.5).

Dalle uova di *D. baccarum*, *T. semistriatus* è stato il parassitoide più abbondante, con 72 adulti sfarfallati da 5 ovature nel monitoraggio pre-lancio a Sabbione (più 25 PT da una ovatura di Campogalliano), 323 adulti da 17 ovature dal monitoraggio post-primi lancio a Campogalliano e 10 adulti da due ovature nel monitoraggio post-secondo lancio, sempre a Campogalliano. Il secondo parassitoide più frequente su *D. baccarum* è stato *Telenomus sp.*, con 60 adulti sfarfallati da 4 ovature nel monitoraggio post-primi lancio e 76 sfarfallati da 4 ovature, rispettivamente nei monitoraggi dopo il primo e secondo lancio, sempre a Campogalliano (Tabella 3.2.5).

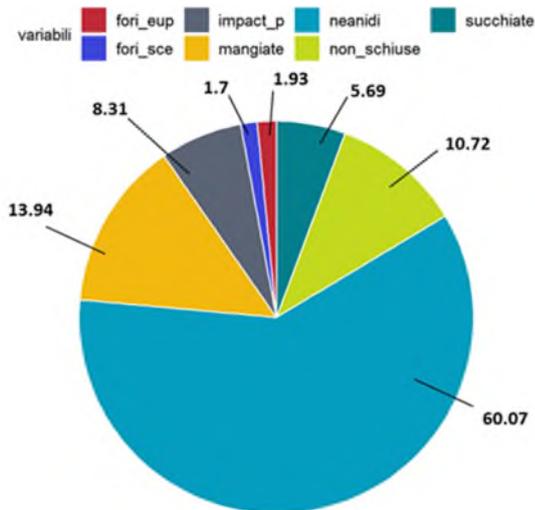
Nelle ovature di altre specie di Pentatomidae indeterminate, sono sfarfallati 3 *Telenomus sp.* (più due PT) e 3 *T. basalis* (più un PT) da una stessa ovatura ed è stato trovato un PT di *Telenomus sp.* (più 13 meconi, non è dato sapere se appartenenti allo stesso genere) in un'altra, entrambe raccolte nel monitoraggio post-secondo lancio a Campogalliano (Tabella 3.2.5).

Ospite	<i>Trissolcus sp.</i>				<i>T. basalis</i>				<i>T. semistriatus</i>				<i>Telenomus sp.</i>			
	Uova par.	PI	DE	EE	Uova par.	PI	DE	EE	Uova par.	PI	DE	EE	Uova Par.	PI	DE	EE
<i>D. baccarum</i>	54	1,7%	4,0%	38,6%	-	-	-	-	476	15,5%	24,0%	62,3%	136	4,4%	7,2%	61,5%
<i>N. viridula</i>	8	0,2%	4,3%	15,1%	175	4,7%	6,5%	81,4%	-	-	-	-	-	-	-	-
Altre specie	-	-	-	-	4	5,9%	20,0%	28,6%	-	-	-	-	6	8,8%	40,0%	21,4%

**Tabella 3.2.5.** Parassitoidi delle altre specie di Pentatomidae, raccolte in tutti i monitoraggi e in entrambi i campi (Sabbione - RE e Campogalliano - MO), e loro indici di efficacia nel 2020.

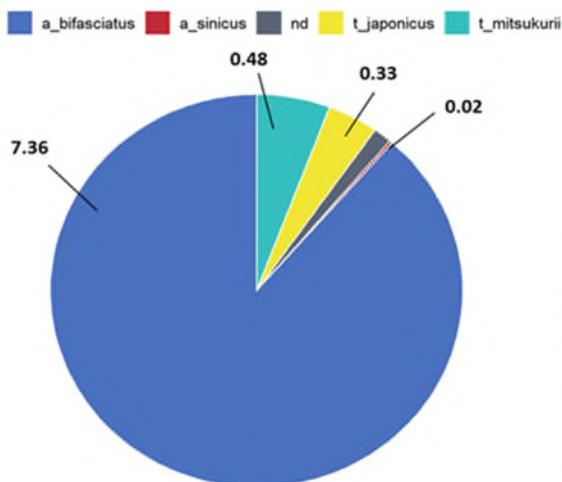
**b) Prove in provincia di Modena e Reggio Emilia, anno 2021**

Durante l'indagine nei quattro siti selezionati sono state raccolte complessivamente 8.266 uova di pentatomidi. Dall'indagine è emerso che (Figura 3.2.12): il totale delle uova non schiuse rappresentava il 10,72%, mentre le neanidi conteggiate il 60,07%; la predazione è stata rilevata sia come uova mangiate, che rappresentavano il 13,94%, sia come uova succhiate, che rappresentavano il 5,69%; la parassitizzazione sulle uova integre ha inciso per l'8,31%; dai fori di sfarfallamento osservati, 1,93% era imputabile a parassitoidi appartenenti alla famiglia Eupelmidae e 1,7% a parassitoidi della famiglia Scelionidae.



**Figura 3.2.12.** Quadro generale delle ovature raccolte nella prova sperimentale del 2021.

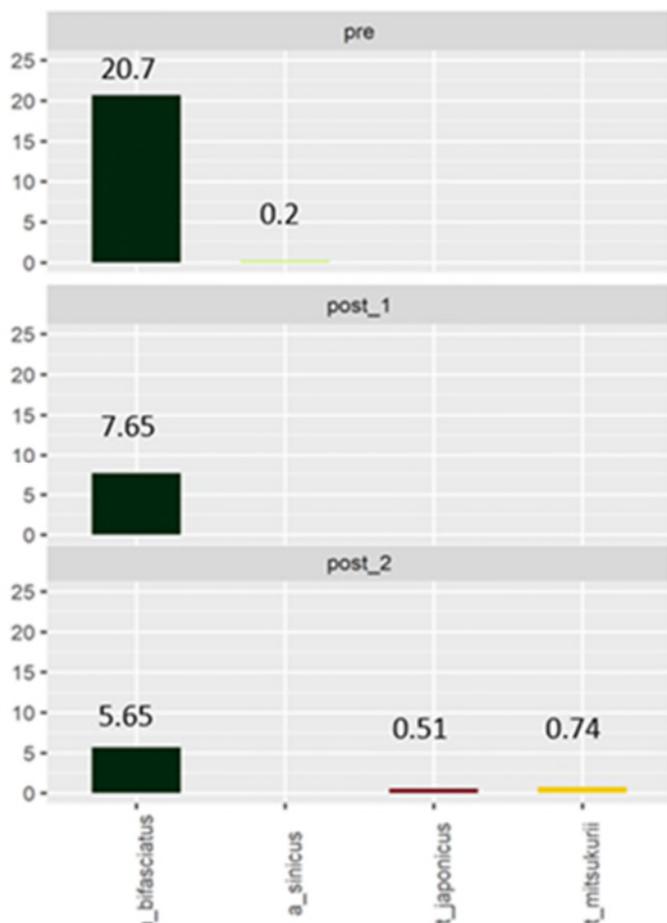
Focalizzandosi esclusivamente sulla parassitizzazione complessiva nei quattro siti (Figura 3.2.13), il parassitoide autoctono *A. bifasciatus* è emerso dal 7,36% delle uova, seguito dagli esotici *T. mitsukurii* (0,48%), *T. japonicus* (0,33%). Inoltre, si è potuto osservare la presenza di un solo individuo dell'iperparassitoide *Acroclisoides sinicus* (Pteromalidae).



specie	parassitoidi	impact_p
a_bifasciatus	489	7.36
a_sinicus	1	0.02
t_japonicus	22	0.33
t_mitsukurii	32	0.48
nd	8	0.12

**Figura 3.2.13.** Grafico e tabella relativi all'impatto dei diversi parassitoidi rinvenuti nelle ovature raccolte nel 2021 nei siti in provincia di Modena e Reggio Emilia.

Nel monitoraggio pre-lancio (Figura 3.2.14), oltre all'autoctono *A. bifasciatus* (20,7%) si è osservato un solo individuo dell'iperparassitoide *A. sinicus*. Nei monitoraggi post lancio *A. bifasciatus* aveva un impatto del 7,65% dopo il primo lancio e del 5,65% dopo il secondo. I primi esemplari di *Trissolcus* si sono rinvenuti nel monitoraggio post secondo lancio con un'efficacia molto limitata, (0,51% per *T. japonicus*, 0,74% per *T. mitsukurii*).



**Figura 3.2.14.** Grafico relativo alla presenza ed efficacia dei parassitoidi osservati nei tre momenti del monitoraggio (pre, post primo lancio e post secondo lancio) durante il 2021 in provincia di Modena e Reggio Emilia.

Dal confronto delle uova parassitizzate nei quattro siti selezionati si è potuto osservare che a Carpi l'*A. bifasciatus* ha avuto un maggior impatto (18%), mentre non sono stati rinvenuti esemplari di *T. japonicus* e *T. mitsukurii*. Nel sito di Rio Saliceto si è osservata una maggior diversificazione dei parassitoidi rinvenuti tra cui *A. bifasciatus* con un impatto del 10,22%, *T. japonicus* e *T. mitsukurii* con un impatto rispettivamente del 1,4% e 1,08%. L'unico esemplare dell'iperparassitoide *A. sinicus* identificato è stato rinvenuto nel sito di Vignola (Tabella 3.2.6).

Vignola			Carpi		
specie	parassitoidi	impact_p	specie	parassitoidi	impact_p
a_bifasciatus	53	7.7	a_bifasciatus	165	18.01
a_sinicus	1	0.15	a_sinicus	0	0
t_japonicus	0	0	t_japonicus	0	0
t_mitsukurii	0	0	t_mitsukurii	0	0

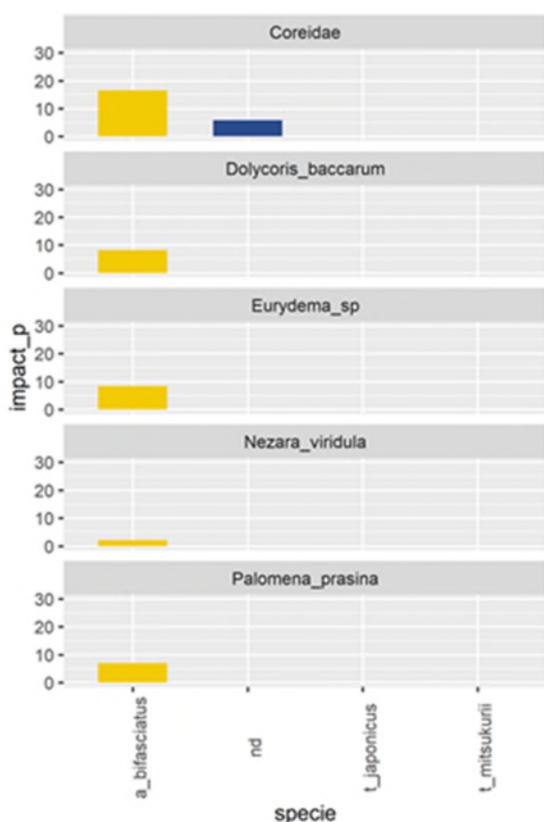
  

Marzaglia			Rio Saliceto		
specie	parassitoidi	impact_p	specie	parassitoidi	impact_p
a_bifasciatus	110	3.17	a_bifasciatus	161	10.22
a_sinicus	0	0	a_sinicus	0	0
t_japonicus	0	0	t_japonicus	22	1.4
t_mitsukurii	15	0.43	t_mitsukurii	17	1.08

**Tabella 3.2.6.** Impatto dei parassitoidi rinvenuti in ciascuno dei quattro siti oggetto di studio nel 2021.

### Impatto su ovature di eterotteri non-target

Le ovature non target appartenevano a 4 specie di Pentatomidae (*Palomena prasina*, *Nezara viridula*, *Eurydema sp.*, *Dolychoris baccarum*) e a Coreidae. Su di esse si è registrata prevalentemente la parassitizzazione da *A. bifasciatus* mentre non sono stati rinvenuti gli esotici *T. japonicus* e *T. mitsukurii* (Figura 3.2.15).



**Figura 3.3.15.** Parassitizzazione su specie di eterotteri non target.

### c) Prove in provincia di Forlì-Cesena e Ferrara, anno 2020

#### Parassitoidi ottenuti dalle ovature naturalmente deposte

Nel sito di Roncadello (FC) durante la stagione 2020 in totale sono state raccolte 223 ovature (= 5.956 uova) di *H. halys* e 9 ovature (= 721 uova) di *N. viridula*. Sul totale di uova di *H. halys* raccolte durante i quattro campionamenti, il 69,3% si è normalmente schiuso, il 12,9% è stato parassitizzato (considerando sia i fori di sfarfallamento già presenti alla raccolta e gli adulti sfarfallati in laboratorio, sia le uova che dopo la dissezione si sono rivelate contenere PT, pupe, larve e meconi di parassitoidi che non hanno compiuto lo sviluppo), e il 2,1% delle uova ha subito predazione, mangiate oppure succhiate (ca. 0,6% e 1,6%, rispettivamente). In particolare i parassitoidi emersi erano *A. bifasciatus*, *T. japonicus* e *T. mitsukurii* (Tabella 3.2.7).

**Tabella 3.2.7.** Numero di ovature, uova, uova parassitizzate di *H. halys* e parassitoidi sfarfallati dalle uova di *H. halys* naturalmente deposte raccolte a Roncadello (FC) nel 2020.

Roncadello (FC)	Anno 2020 (valori complessivi)
Tot ovature raccolte	223
Tot uova raccolte	5.956
% uova da cui è sgusciata <i>H. halys</i>	69,3
% uova parassitizzate	12,9
% <i>Anastatus bifasciatus</i>	3,8
% <i>Trissolcus japonicus</i>	2,9
% <i>Trissolcus mitsukurii</i>	1,3
% <i>Acroclisoides sinicus</i>	0,0

Nei monitoraggi effettuati nel 2020 a Roncadello (FC) è stata riscontrata una presenza complessiva di *T. japonicus* del 2,9%, inferiore a quella di *A. bifasciatus* (3,8%), e una parassitizzazione totale da parte di Scelionidi (*Trissolcus spp.*) del 4,2%. La restante quota di uova parassitizzate presentava fori di sfarfallamento non identificabili in laboratorio in quanto i parassitoidi erano sfarfallati in campo.

Nel 2020 su 9 ovature non-target di *N. viridula* rinvenute a Roncadello (FC), solo un'ovatura è stata parassitizzata da parte di *A. bifasciatus* (4 individui sfarfallati da una sola ovatura con 72 uova).

Il dettaglio della dinamica temporale della parassitizzazione osservata nel sito di Roncadello (FC) è riportato in Tabella 3.2.8. La vespa samurai è stata rinvenuta nel sito oggetto di questa indagine di dettaglio solo dopo il secondo rilascio e anche ad un mese di distanza da quest'ultimo, dimostrando la capacità di insediamento e la sopravvivenza nel tempo di *T. japonicus*. Per quanto riguarda la dinamica spaziale, cioè il rinvenimento dei parassitoidi a diverse distanze dal punto di rilascio, negli ultimi due campionamenti di agosto alcune ovature di *H. halys* parassitizzate da *T. japonicus* sono state rinvenute a diverse distanze dal punto di rilascio. Nello specifico, il 3/8 un totale di 7 ovature parassitizzate da *T. japonicus* è stato rinvenuto nella fascia 10-30 m dal punto di rilascio, mentre il 24/8 un totale di 2 ovature parassitizzate da *T. japonicus* è stato rinvenuto nella fascia > 50 m dal punto di rilascio. Questi risultati dimostrano la capacità di dispersione di *T. japonicus* nel sito dove è stato rilasciato.

**Tabella 3.2.8.** Dettaglio della parassitizzazione di *H. halys* e parassitoidi sfarfallati dalle uova di *H. halys* naturalmente deposte raccolte a Roncadello (FC) nel 2020.

Sito di Roncadello (FC) - Dettaglio della stagione 2020					
Data di campionamento	N° ovature <i>H. halys</i> raccolte (n° uova)	% uova da cui è sgusciata <i>H. halys</i>	% uova parassitizzate	Specie di parassitoidi (percentuale sul numero di uova totali)	% uova predate
25/6 (lo stesso giorno e prima del 1° lancio realizzato il 25/6)	6 (167)	100,0	0,0	<i>A. bifasciatus</i> (0,0%) <i>T. japonicus</i> (0,0%) <i>T. mitsukurii</i> (0,0%) <i>A. sinicus</i> (0,0%)	0,0
30/6 (5 giorni dopo il 1° lancio realizzato il 26/6)	70 (1.891)	95,8	0,7	<i>A. bifasciatus</i> (0,7%) <i>T. japonicus</i> (0,0%) <i>T. mitsukurii</i> (0,0%) <i>A. sinicus</i> (0,0%)	0,0
3/8 (11 giorni dopo il 2° lancio realizzato il 23/7)	52 (1.435)	57,9	26,8	<i>A. bifasciatus</i> (9,3%) <i>T. japonicus</i> (8,9%) <i>T. mitsukurii</i> (0,07%) <i>A. sinicus</i> (0,0%)	6,6
24/8 (32 giorni dopo il 2° lancio realizzato il 23/7)	95 (2.463)	53,6	14,7	<i>A. bifasciatus</i> (3,2%) <i>T. japonicus</i> (1,9%) <i>T. mitsukurii</i> (3,1%) <i>A. sinicus</i> (0,0%)	1,3

Nel sito di Montesanto (FE) in totale durante la stagione 2020 sono state raccolte 108 ovature (= 2.932 uova) di *H. halys* e 7 ovature (= 574 uova) di *N. viridula*. Sul totale di uova di *H. halys* raccolte durante i quattro campionamenti, il 52,0% si è normalmente schiuso, il 32,0% è stato parassitizzato (considerando sia i fori di sfarfallamento già presenti alla raccolta e gli adulti sfarfallati in laboratorio, sia le uova che dopo la dissezione si sono rivelate contenere PT, pupe, larve e meconi di parassitoidi che non hanno compiuto lo sviluppo), mentre lo 0,6% delle uova ha subito predazione, mangiate oppure succhiate. In particolare i parassitoidi emersi erano *A. bifasciatus*, *T. japonicus*, *T. mitsukurii* e *A. sinicus* (Tabella 3.2.9)

**Tabella 3.2.9.** Numero di ovature, uova, uova parassitizzate di *H. halys* e parassitoidi sfarfallati dalle uova di *H. halys* naturalmente deposte raccolte a Montesanto (FE) nel 2020.

Montesanto (FE)	Anno 2020 (valori complessivi)
<b>Tot ovature raccolte</b>	<b>108</b>
<b>Tot uova raccolte</b>	2.932
<b>% uova da cui è sgusciata <i>H. halys</i></b>	52,0
<b>% uova parassitizzate</b>	<b>32,0</b>
% <i>Anastatus bifasciatus</i>	8,1
<b>% <i>Trissolcus japonicus</i></b>	<b>0,03</b>
% <i>Trissolcus mitsukurii</i>	6,8
% <i>Acroclisoides sinicus</i>	4,3

Nei monitoraggi effettuati nel 2020 a Montesanto (FE) è stata riscontrata la sporadica presenza di *T. japonicus* (0,03%), con una sola ovatura (di 28 uova) rilevata il 10/8 a > 50 m dal punto di rilascio e che aveva il 100% di uova parassitizzate (11 uova da cui è emerso *A. bifasciatus*, 16 uova da cui è emerso *A. sinicus* e 1 uovo da cui è emerso *T. japonicus*). nettamente maggiore è stata la parassitizzazione totale a carico di *T. mitsukurii* (6,8%), prossima a quella a carico di *A. bifasciatus* (8,1%). Una quota parte delle ovature parassitizzate ha permesso di rilevare lo sfarfallamento di *A. sinicus* (4,3%) e la restante quota di parassitizzazione era costituita da fori di sfarfallamento di parassitoidi sfarfallati in campo e non identificabili in laboratorio.

Nel 2020 a Montesanto sono state rinvenute 7 ovature non-target di *N. viridula*, con il 13,1% di parassitizzazione totale costituita da *A. bifasciatus* (1 individuo in una ovatura da 117 uova e 14 individui in una ovatura da 53 uova) e *Trissolcus basalisi* (60 individui in una ovatura da 108 uova).

Il dettaglio della dinamica temporale della parassitizzazione osservata nel sito di Montesanto (FE) è riportato in Tabella 3.2.10. La vespa samurai è stata rinvenuta nel sito oggetto di questa indagine di dettaglio solo dopo il rilascio e solo in un'ovatura, come dettagliato sopra. E' interessante osservare come la percentuale di parassitizzazione incrementa nel corso dell'estate indipendentemente dal rilascio di *T. japonicus* (un singolo lancio realizzato a fine luglio 2020). La dinamica spaziale e temporale di *T. japonicus* non sono apprezzabili in questo sito, tuttavia è visibile l'andamento della parassitizzazione delle altre specie nel tempo, mettendo in luce il contributo dell'insieme delle specie oofage nel contenere la popolazione della cimice asiatica (nel dettaglio la percentuale di ovature che dà origine a neanidi di *H. halys* decresce nel tempo, con una mortalità totale che a fine stagione è superiore al 70%, di cui il 50% dovuto all'effetto diretto della parassitizzazione).

**Tabella 3.2.10.** Dettaglio della parassitizzazione di *H. halys* e parassitoidi sfarfallati dalle uova di *H. halys* naturalmente deposte raccolte a Montesanto (FE) nel 2020.

Sito di Montesanto (FE) - Dettaglio della stagione 2020					
Data di campionamento	N° ovature <i>H. halys</i> raccolte (n° uova)	% uova da cui è sgusciata <i>H. halys</i>	% uova parassitizzate	Specie di parassitoidi (percentuale sul numero di uova totali)	% uova predate
9/7 (20 giorni prima del 1° lancio realizzato il 29/7)	9 (234)	100,0	0,0	<i>A. bifasciatus</i> (0,0%) <i>T. japonicus</i> (0,0%) <i>T. mitsukurii</i> (0,0%) <i>A. sinicus</i> (0,0%)	0,0
22/7 (7 giorni prima del 1° lancio realizzato il 29/7)	36 (995)	79,9	12,1	<i>A. bifasciatus</i> (2,4%) <i>T. japonicus</i> (0,0%) <i>T. mitsukurii</i> (8,9%) <i>A. sinicus</i> (0,0%)	0,0
10/8 (12 giorni dopo il 1° lancio realizzato il 29/7)	23 (631)	33,3	43,4	<i>A. bifasciatus</i> (13,0%) <i>T. japonicus</i> (0,2%) <i>T. mitsukurii</i> (7,4%) <i>A. sinicus</i> (9,8%)	0,6
1/9 (22 giorni dopo il 1° lancio realizzato il 29/7)	40 (1.072)	27,1	50,7	<i>A. bifasciatus</i> (12,3%) <i>T. japonicus</i> (0,0%) <i>T. mitsukurii</i> (5,8%) <i>A. sinicus</i> (6,0%)	1,3

Nel sito di Voghiera (FE) sono state raccolte 63 ovature (= 1.670 uova) di *H. halys* e 2 ovature di *N. viridula* (= 120 uova). Sul totale di uova di *H. halys* raccolte nei quattro i monitoraggi, il 34,9% si è normalmente schiuso, il 46,2% è stato parassitizzato (considerando sia i fori di sfarfallamento già presenti alla raccolta e gli adulti sfarfallati in laboratorio, sia le uova che dopo la dissezione si sono rivelate contenere PT, pupe, larve e meconi di parassitoidi che non hanno compiuto lo sviluppo), mentre lo 0,2% delle uova ha subito predazione, mangiate oppure succhiate. In particolare i parassitoidi emersi erano *A. bifasciatus*, *T. japonicus*, *T. mitsukurii* e *A. sinicus* (Tabella 3.2.11).

**Tabella 3.2.11.** Numero di ovature, uova, uova parassitizzate di *H. halys* e parassitoidi sfarfallati dalle uova di *H. halys* naturalmente deposte raccolte a Voghiera (FE) nel 2020.

Voghiera (FE)	Anno 2020 (valori complessivi)
<b>Tot ovature raccolte</b>	<b>63</b>
<b>Tot uova raccolte</b>	1.670
<b>% uova da cui è sgusciata <i>H. halys</i></b>	34,9
<b>% uova parassitizzate</b>	<b>46,2</b>
% <i>Anastatus bifasciatus</i>	18,8
<b>% <i>Trissolcus japonicus</i></b>	<b>0,0</b>
% <i>Trissolcus mitsukurii</i>	10,4
% <i>Acroclisoides sinicus</i>	2,3

Nei monitoraggi effettuati nel 2020 a Voghiera (FE) non è stata riscontrata la presenza di *T. japonicus* in nessuno dei 4 campionamenti effettuati, mentre la parassitizzazione da parte di altri Scelionidi (*Trissolcus mitsukurii*) è stata del 10,4%. Quasi doppia era la parassitizzazione a carico di *A. bifasciatus* (18,8%), mentre alcune uova (2,3%) erano parassitizzate da *A. sinicus*. La restante quota di uova parassitizzate presentava fori di sfarfallamento non identificabili in laboratorio in quanto i parassitoidi erano sfarfallati in campo.

Nel 2020 sono state rilevate 2 ovature non-target di *N. viridula*, una delle quali ha presentato parassitizzazione ad opera di parassitoidi non determinati (erano presenti fori di sfarfallamento su 39 delle 80 uova).

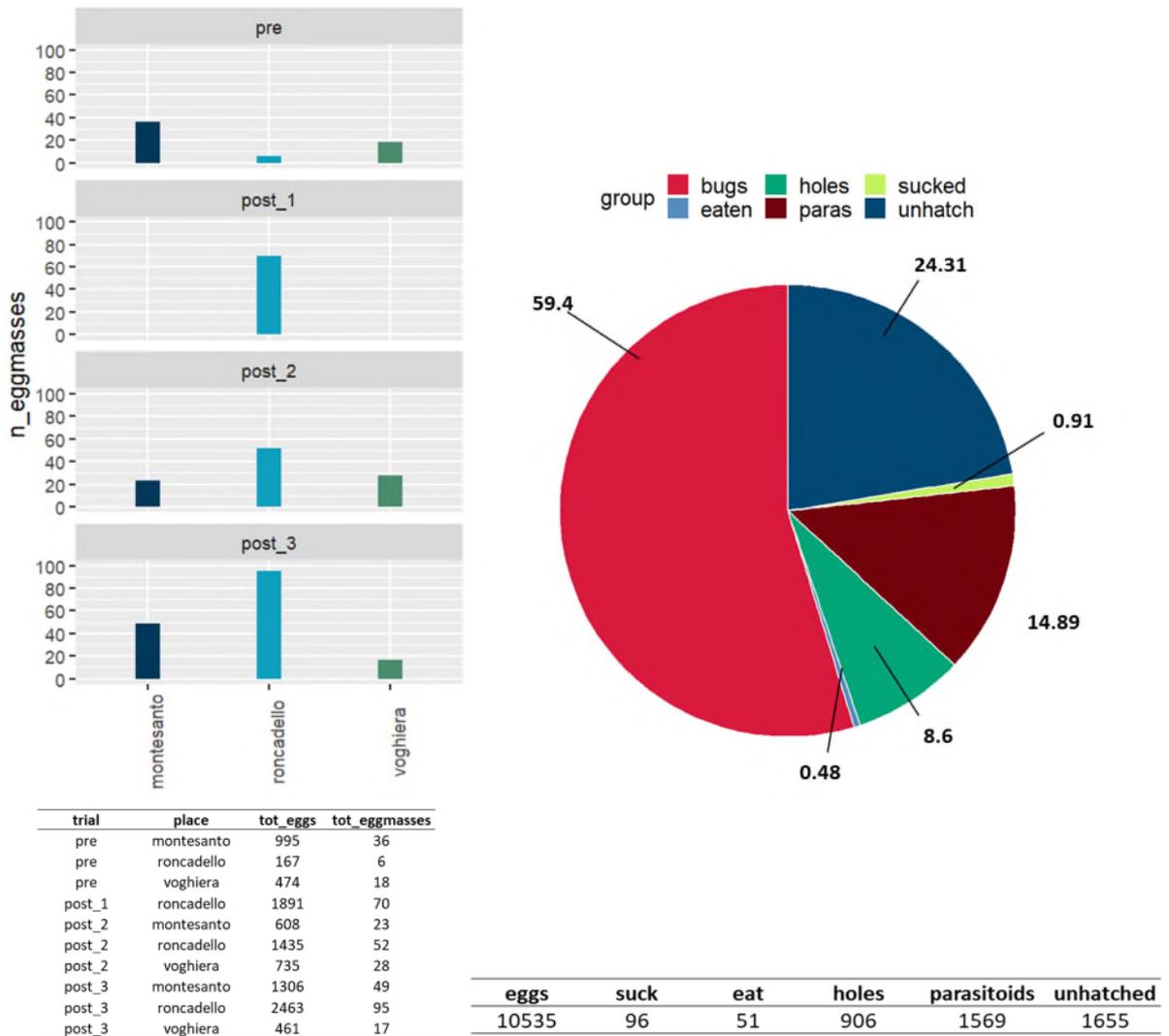
Il dettaglio della dinamica temporale della parassitizzazione osservata nel sito di Voghiera (FE) è riportato in Tabella 3.2.12. La vespa samurai non è stata rinvenuta nel sito oggetto di questa indagine di dettaglio. E' interessante osservare, a Voghiera come a Montesanto, come la percentuale di parassitizzazione incrementa nel corso dell'estate indipendentemente dai rilasci di *T. japonicus*. La dinamica spaziale e temporale di *T. japonicus* non sono apprezzabili in questo sito, tuttavia è visibile l'andamento della parassitizzazione delle altre specie nel tempo. Anche in questo sito viene messo in luce il contributo dell'insieme delle specie oofage nel contenere la popolazione della cimice asiatica (nel dettaglio la percentuale di ovature che dà origine a neanidi di *H. halys* decresce nel tempo, con una mortalità totale che a fine stagione è superiore all'80%, di cui circa il 70% dovuto all'effetto diretto della parassitizzazione).

**Tabella 3.2.12.** Dettaglio della parassitizzazione di *H. halys* e parassitoidi sfarfallati dalle uova di *H. halys* naturalmente deposte raccolte a Montesanto (FE) nel 2020.

Sito di Voghiera (FE) - Dettaglio della stagione 2020					
Data di campionamento	N° ovature <i>H. halys</i> raccolte (n° uova)	% uova da cui è sgusciata <i>H. halys</i>	% uova parassitizzate	Specie di parassitoidi (percentuale sul numero di uova totali)	% uova predate
9/7 (20 giorni prima del 1° lancio realizzato il 29/7)	6 (145)	80,7	9,0	<i>A. bifasciatus</i> (9,0%) <i>T. japonicus</i> (0,0%) <i>T. mitsukurii</i> (0,0%) <i>A. sinicus</i> (0,0%)	1,4
22/7 (7 giorni prima del 1° lancio realizzato il 29/7)	12 (329)	63,8	26,4	<i>A. bifasciatus</i> (4,3%) <i>T. japonicus</i> (0,0%) <i>T. mitsukurii</i> (14,9%) <i>A. sinicus</i> (0,0%)	0,0
10/8 (12 giorni dopo il 1° lancio realizzato il 29/7)	28 (735)	23,7	48,8	<i>A. bifasciatus</i> (28,0%) <i>T. japonicus</i> (0,0%) <i>T. mitsukurii</i> (13,1%) <i>A. sinicus</i> (0,0%)	0,0
1/9 (22 giorni dopo il 1° lancio realizzato il 29/7)	17 (461)	17,6	67,7	<i>A. bifasciatus</i> (19,7%) <i>T. japonicus</i> (0,0%) <i>T. mitsukurii</i> (6,3%) <i>A. sinicus</i> (8,2%)	0,2

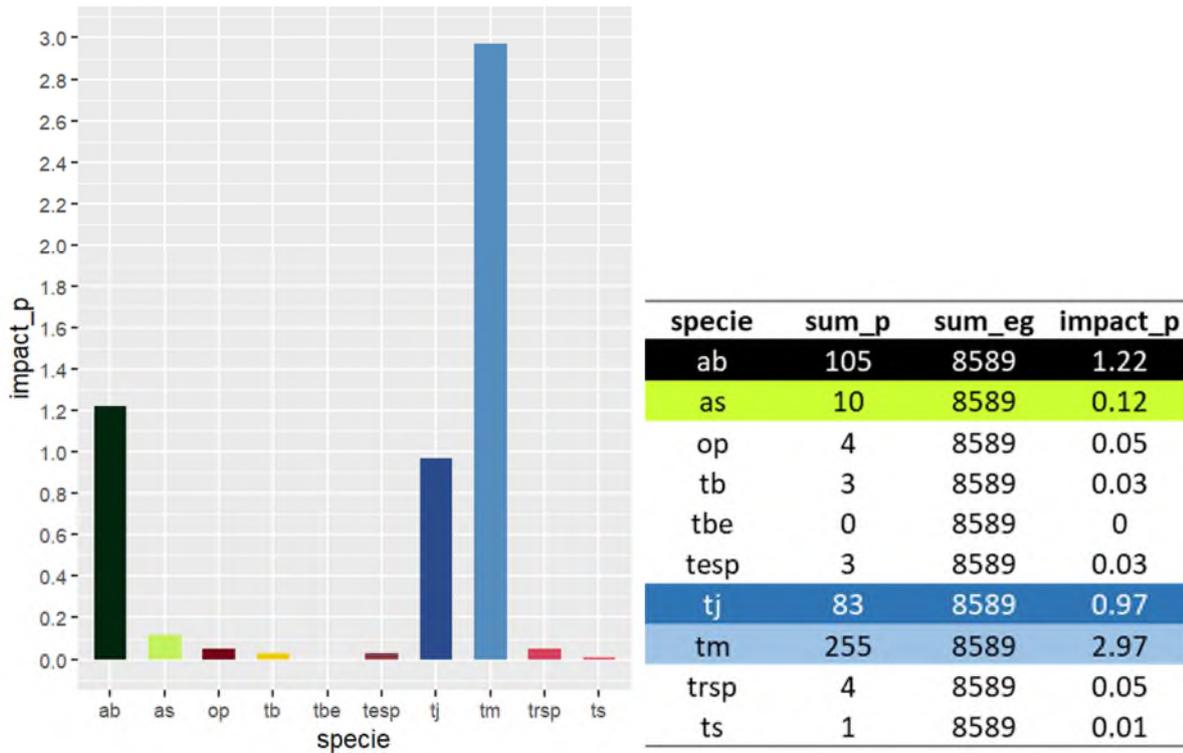
I due siti di dettaglio di Montesanto (FE) e Voghiera (FE) hanno permesso di dimostrare come un singolo rilascio non abbia permesso un deciso e marcato insediamento di *T. japonicus* nel sito oggetto di indagine, ma tuttavia in entrambi i siti è emerso come naturalmente erano presenti altre specie di parassitoidi che hanno contribuito al controllo naturale di *H. halys*.

Analizzando complessivamente i dati raccolti nel 2020 a Roncadello (FC), Voghiera (FE) e Montesanto (FE), il tasso di parassitizzazione complessivo è del 23,5% e la mortalità naturale complessiva raggiunge circa il 41% (considerando il totale delle uova raccolte) (Figura 3.3.18).



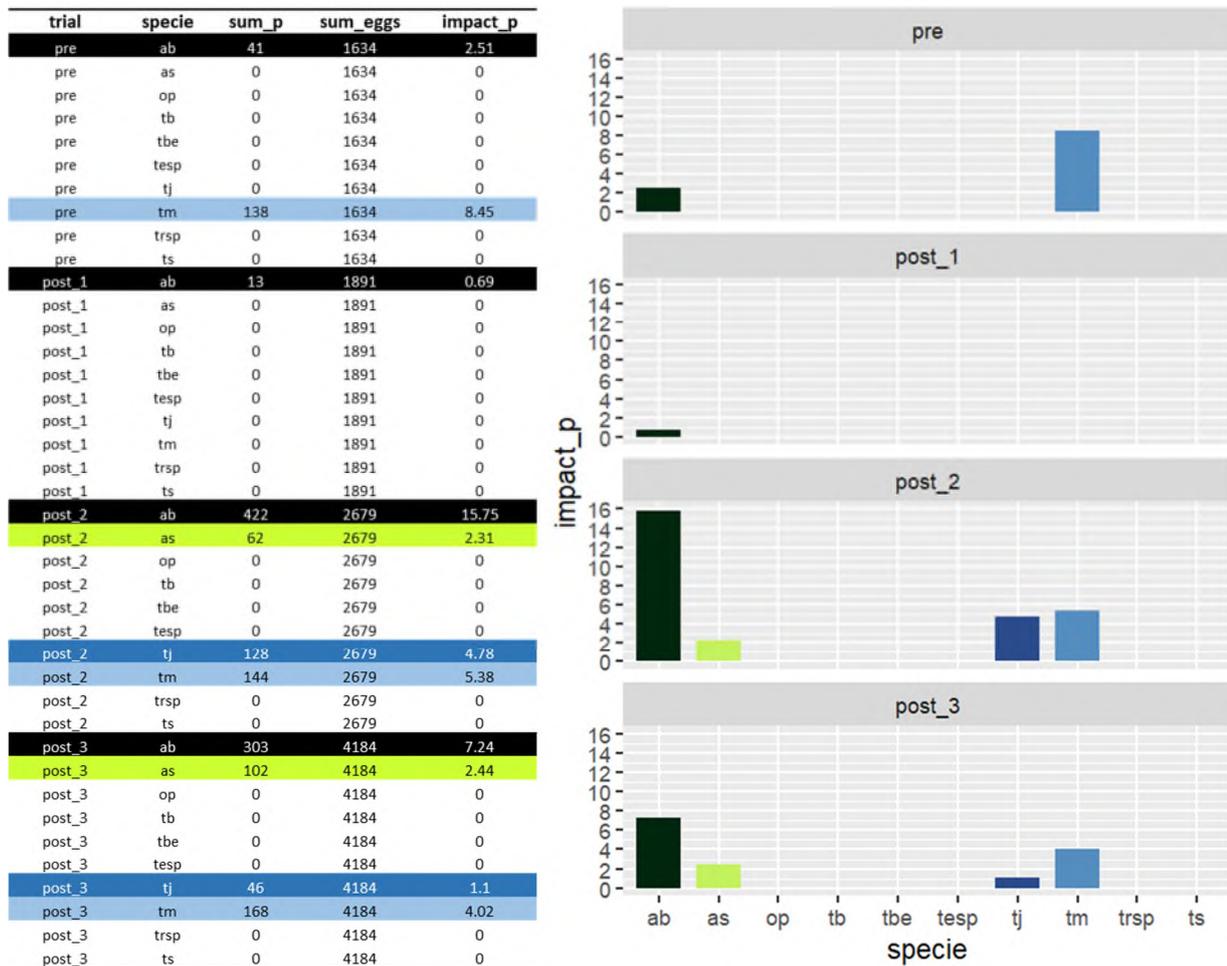
**Figura 3.3.18.** Visione sinottica delle ovature raccolte nel 2020 a Roncadello (FC), Montesanto (FE) e Voghiera (FE) nei diversi momenti (pre- e post-lancio) e livello di parassitizzazione complessivo della stagione.

Il 'Parasitoid Impact (%)', che indica l'efficacia del parassitoide nel contenere la popolazione dell'ospite (tasso di parassitizzazione o percentuale delle uova parassitizzate) ed è calcolato come  $(n^\circ \text{ di uova parassitizzate} / n^\circ \text{ totale di uova raccolte}) \times 100$ , è riportato complessivamente per i tre siti di indagine in Figura 3.3.19.



**Figura 3.3.19.** Parasitoid Impact rilevato a Roncadello (FC), Montesanto (FE) e Voghiera (FE) come valore complessivo della stagione 2020.

Il 'Parasitoid Impact' varia durante il corso della stagione per le diverse specie e in particolare si può apprezzare come per *T. japonicus* sia presente solo in seguito ai rilasci inoculativi (Figura 3.3.20).



**Figura 3.3.20.** Parasitoid Impact rilevato a Roncadello (FC), Montesanto (FE) e Voghiera (FE) suddiviso nei campionamenti pre- e post- lancio realizzati nel 2020.

#### d) Prove in provincia di Forlì-Cesena e Ferrara, anno 2021

##### Parassitoidi ottenuti dalle ovature naturalmente deposte

Nel sito di Roncadello (FC) già oggetto delle indagini nel 2020, durante la stagione 2021 sono state raccolte 134 ovature (= 2.378 uova) di *H. halys* e una ovatura di *N. viridula*. Sul totale di uova di *H. halys* raccolte nei quattro i monitoraggi, il 68,6% si è normalmente schiuso, mentre il 31,4% è stato parassitizzato (considerando sia i fori di sfarfallamento già presenti alla raccolta e gli adulti sfarfallati in laboratorio, sia le uova che dopo la dissezione si sono rivelate contenere PT, pupe, larve e meconi di parassitoidi che non hanno compiuto lo sviluppo) (Tabella 3.2.13).

**Tabella 3.2.13.** Numero di ovature, uova, uova parassitizzate, parassitoidi sfarfallati delle uova di *H. halys* naturalmente deposte raccolte a Roncadello (FC) nel 2021.

Roncadello (FC)	Anno 2021 (valori complessivi)
<b>Tot ovature raccolte</b>	<b>134</b>
<b>Tot uova raccolte</b>	2.378
<b>% uova non parassitizzate</b>	68,6
<b>% uova parassitizzate</b>	<b>31,4</b>
% <i>Anastatus bifasciatus</i>	2,3
<b>% <i>Trissolcus japonicus</i></b>	<b>0,0</b>
% <i>Trissolcus mitsukurii</i>	1,1
% <i>Trissolcus spp.</i>	29,1
% <i>Acroclisoides sinicus</i>	0,0

Nei campionamenti effettuati nel 2021 non è mai stata riscontrata la presenza di *T. japonicus*, cioè non sono sfarfallati in laboratorio individui di *T. japonicus*. Questo risultato (nessun riscontro di *T. japonicus* dalle ovature raccolte in campo) è stato registrato nonostante i due rilasci avvenuti nel 2020 (il 25/6 e il 23/7) e i due rilasci avvenuti nel 2021 (il 18/6 e 16/7). Si può concludere che, in generale, durante il secondo anno di indagine nello stesso sito di Roncadello (FC), la percentuale di uova dalle quali sgusciano neanidi di *H. halys* è stazionaria (68-69%), mentre la percentuale

complessiva di parassitizzazione è raddoppiata (passando dal 13% circa al 31% circa); nello specifico, nel 2021 il 29,1% dei parassitoidi identificati/identificabili erano Scelionidi (*Trissolcus* spp.) e non si può escludere che da alcuni fori di sfarfallamento (dove la specie non è stata identificata) oltre a *T. mitsukurii* fosse (ipoteticamente) presente anche *T. japonicus*. Infine, nel 2021 una sola ovatura non-target di *N. viridula* ha presentato il 45,5% di parassitizzazione da parte di *Trissolcus* spp.

Nel sito di Montesanto (FE) già oggetto delle indagini nel 2020, durante la stagione 2021 sono state raccolte 87 ovature (= 2.330 uova) di *H. halys* e 7 ovature di *N. viridula*. Sul totale di uova di *H. halys* raccolte nei quattro i monitoraggi, il 62,1% si è normalmente schiuso, mentre il 37,9% è stato parassitizzato (considerando sia i fori di sfarfallamento già presenti alla raccolta e gli adulti sfarfallati in laboratorio, sia le uova che dopo la dissezione si sono rivelate contenere PT, pupe, larve e meconi di parassitoidi che non hanno compiuto lo sviluppo) (Tabella 3.2.14).

**Tabella 3.2.14.** Numero di ovature, uova, uova parassitizzate, parassitoidi sfarfallati delle uova di *H. halys* naturalmente deposte raccolte a Montesanto (FE) nel 2021.

Montesanto (FE)	Anno 2021 (valori complessivi)
<b>Tot ovature raccolte</b>	<b>87</b>
<b>Tot uova raccolte</b>	2.330
<b>% uova non parassitizzate</b>	62,1
<b>% uova parassitizzate</b>	<b>37,9</b>
% <i>Anastatus bifasciatus</i>	11,3
<b>% <i>Trissolcus japonicus</i></b>	5,1
% <i>Trissolcus mitsukurii</i>	1,1
% <i>Trissolcus</i> spp.	16,5
% <i>Acroclisoides sinicus</i>	3,9

Nei monitoraggi effettuati nel 2021 è stato riscontrato un aumento della presenza di *T. japonicus* da 0,03% nel 2020 al 5,1% nel 2021 (118 esemplari totali), la parassitizzazione da parte di Scelionidi (*Trissolcus* spp.) è complessivamente del 22,7%. E' molto interessante notare come in questo sito il rilascio di *T. japonicus* sia avvenuto solo nel 2020 (1 singolo lancio il 29/7) e non sia stato ripetuto nel 2021, permettendo di ipotizzare che la popolazione di *T. japonicus inoculata* abbia svernato nel sito di Montesanto. La percentuale di parassitizzazione complessiva è leggermente incrementata

(dal 32% del 2020 al 38% circa del 2021); sono inoltre leggermente incrementate in totale le uova da cui sono sgusciate neanidi di *H. halys* (dal 52% del 2020 al 62% circa del 2021).

Nel 2021 sono state rilevate 7 ovature non-target di *N. viridula* (= 532 uova) ed hanno presentato il 13,7% di parassitizzazione, di cui il 11,8% da parte di *A. bifasciatus*, l'1,5% da parte di *Trissolcus spp.* e lo 0,38% da parte di *T. mitsukurii*.

#### e) Prova in provincia di Ferrara, anno 2020

##### Ovature raccolte

Nel corso dei campionamenti settimanali, nel 2020 a Fossanova San Marco (FE) sono state raccolte 346 ovature (Tabella 3.2.15), per un totale complessivo di 9.713 uova di pentatomidi. Di queste, 8.867 sono di *H. halys*, mentre le restanti 873 sono di altri pentatomidi: 756 di *N. viridula* e 117 di *R. nebulosa*.

**Tabella 3.2.15.** Numero di ovature raccolte per ogni data di campionamento.

Data	N° ovature raccolte	N° uova totale
30/06	5	55
15/07	8	205
22/07	10	258
29/07	25	731
05/08	30	813
12/08	43	1177
19/08	49	1361
26/08	45	1234
02/09	48	1525
09/09	45	1230
16/09	21	695
23/09	17	429
Totale	346	9713

Per quanto riguarda le specie botaniche sulle quali sono state trovate le ovature, è stata notata una netta preferenza di *H. halys* nell'ovideporre su piante appartenenti al genere *Acer*, in particolare su *A. negundo* (Tab. 3.2.16).

**Tabella 3.2.16.** Numero e percentuale di ovature in relazione alla specie di pianta.

Specie vegetale	N° ovature	% di ovature
<i>Acer negundo</i> L.	192	55,81%
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	29	8,43%
<i>Hedera helix</i> L.	27	7,85%
<i>Punica granatum</i> L.	13	3,78%
<i>Ficus carica</i> L.	11	3,20%
<i>Juglans regia</i> L.	10	2,91%
<i>Prunus armeniaca</i> L.	9	2,62%
<i>Magnolia grandiflora</i> L.	9	2,62%
<i>Chimonanthus praecox</i> L.	8	2,33%
<i>Diospyros kaki</i> L.	7	2,03%
Altro	31	8,96%
Totale	346	100%

### Parassitizzazione generale

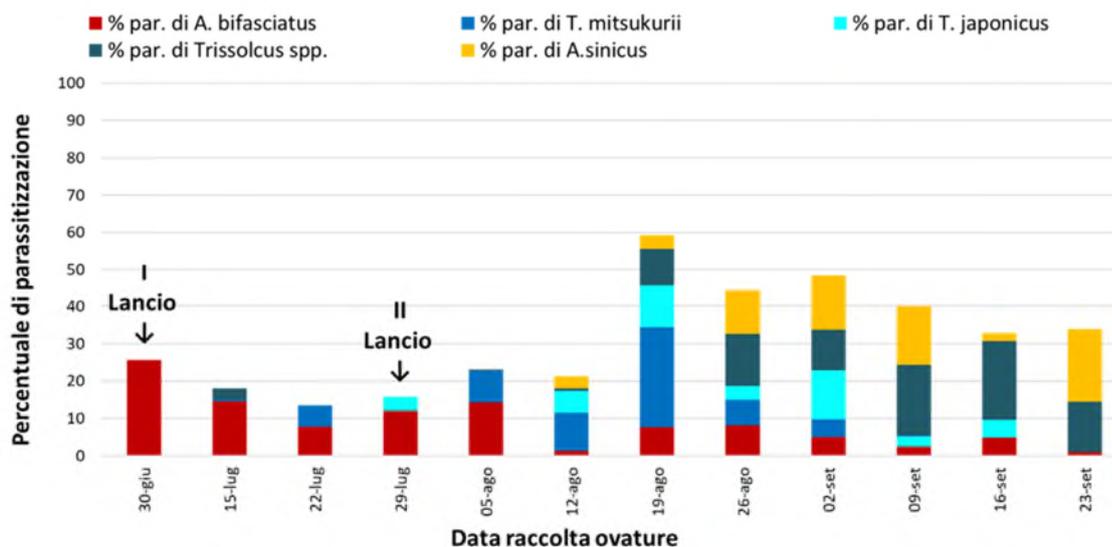
Complessivamente sono state raccolte 332 ovature (8.867 uova) di *H. halys*, il 36,89% delle quali era parassitizzato (Tabella 3.2.17). Il parassitoide più abbondante è risultato *T. mitsukurii* (7,83%). *Trissolcus japonicus*, il parassitoide soggetto a rilasci inoculativi, è emerso dal 5,57% delle uova di cimice asiatica campionate.

**Tabella 3.2.17.** Numero di uova e relativa parassitizzazione a Fossanova San Marco (FE) nel 2020.

Parametri	Valore
Tot. ovature raccolte	332
Tot. uova raccolte	8.867
Uova parassitizzate (%)	36,89
<i>Trissolcus japonicus</i> (%)	5,57
<i>Trissolcus mitsukurii</i> (%)	7,83
<i>Trissolcus</i> spp. (%)	9,35
<i>Anastatus bifasciatus</i> (%)	6,55
<i>Acroclisoides sinicus</i> (%)	7,59

### Andamento della parassitizzazione nel tempo

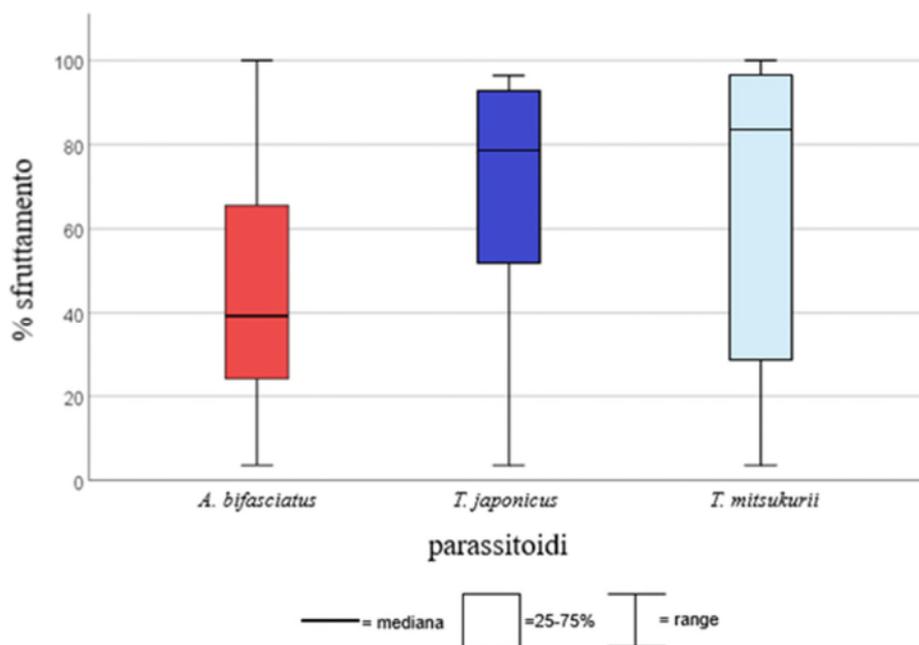
All'inizio della stagione, è stata preponderante l'attività di *A. bifasciatus*, che è calata contestualmente con l'inizio dell'attività degli scelionidi, il cui picco è stato rilevato verso la metà di agosto (Figura 3.3.21). In seguito, la popolazione di *Trissolcus* spp è andata incontro ad un lieve calo, probabilmente dovuto anche all'inizio dell'attività di iperparassitizzazione di *A. sinicus*. Alla metà di agosto, durante la massima attività da parte degli scelionidi, è stato registrato anche il picco di parassitizzazione raggiunto in questo lavoro: 59,52% di uova di *H. halys* parassitizzate.



**Figura 3.3.21.** Andamento della parassitizzazione in relazione alla data di campionamento a Fossanova San Marco (FE) nel 2020.

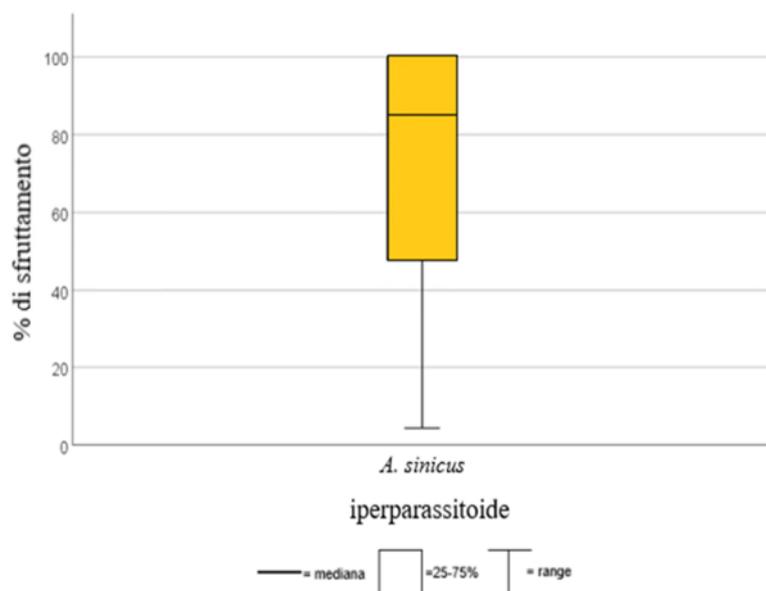
### Capacità di sfruttamento dell'ovatura

*Trissolcus japonicus* e *T. mitsukurii* hanno mostrato un tasso di sfruttamento simile, con un valore di mediana rispettivamente del 78 e del 83%. Come atteso, *A. bifasciatus* ha avuto un tasso di sfruttamento inferiore agli scelionidi, con mediana del 39% (Figura 3.3.22).



**Figura 3.3.22.** Tasso di sfruttamento dei diversi parassitoidi.

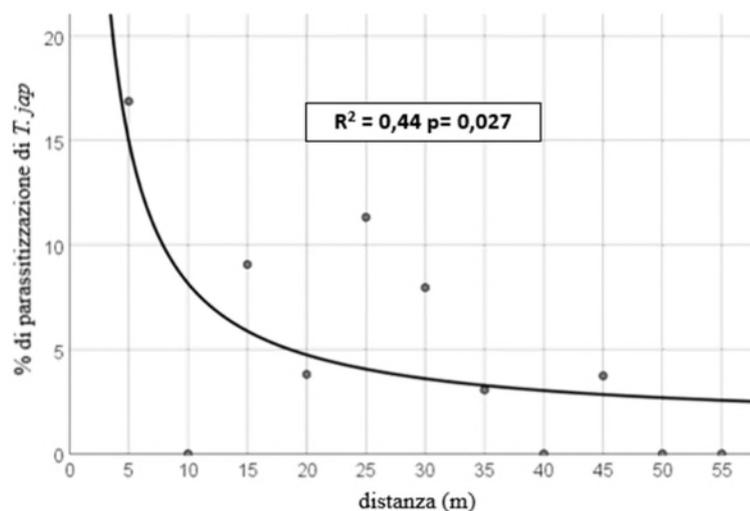
*Acroclisoides sinicus* ha mostrato dei livelli molto alti di sfruttamento dalle ovature parassitizzate, con una mediana del 85% (Figura 3.3.23).



**Figura 3.3.23.** Tasso di sfruttamento di *A. sinicus*.

### Parassitizzazione di *T. japonicus* in funzione della distanza dal punto di rilascio

La regressione curvilinea, che interpola significativamente i dati (Figura 3.3.24), ha mostrato percentuali di parassitizzazione di *T. japonicus* più elevate vicino al punto di lancio e un progressivo declino a distanza maggiore. La massima distanza cui è stato ritrovato il parassitoide è 50 m dal punto di rilascio.



**Figura 3.3.24.** Regressione curvilinea tra % di parassitizzazione di *T. japonicus* e distanza da punto di lancio.

### Parassitizzazione di altri pentatomidi

Anche le ovature di pentatomidi non bersaglio (756 deposte da *N. viridula*, e 117 da *R. nebulosa*) sono state sottoposte ai medesimi controlli di quelle di *H. halys*. I risultati sono riassunti in Tabella 3.2.18 per *N. viridula* e in Tabella 3.2.19 per *R. nebulosa*. In particolare, su un'ovatura di *N. viridula*

è stata rinvenuta la presenza di un ulteriore scelionide, *T. basalis*, già visto nella parte introduttiva di questo lavoro, proprio come parassitoide specifico del pentatomide in questione.

**Tabella 3.2.18.** Parassitizzazione ovature di *N. viridula*.

Categorie	Numero	%
Non parassitizzate	731	95,56%
Parassitizzate	34	4,44%
<i>A. bifasciatus</i>	6	0,78%
<i>T. basalis</i>	28	3,66%

**Tabella 3.2.19.** Parassitizzazione ovature di *R. nebulosa*.

Categoria	Numero	%
Non parassitizzate	61	74,39%
Parassitizzate	21	25,61%
<i>A. bifasciatus</i>	21	25,61%

#### f) Prova in provincia di Ferrara, anno 2021

Durante i campionamenti a Fossanova San Marco (FE), sono state raccolte in totale 374 ovature per un totale di 9.849 uova di pentatomidi di cui 9.456 di *H. halys*, mentre le restanti appartenevano ad altri pentatomidi: 185 di *N. viridula*, 98 di *R. nebulosa*, 56 di *P. prasina* e 26 di cimici non identificate. Nel sito di Gallo (FE) sono state raccolte in totale 101 ovature, per un totale di 3.158 uova, di queste 2.054 risultano di *H. halys*. Le altre ovature appartengono ad altri pentatomidi come riportato in Tabella 3.2.20.

**Tabella 3.2.20.** Totale di ovature e uova raccolte a Gallo (FE) nel 2021.

	<i>H. halys</i>	<i>R. nebulosa</i>	<i>N. viridula</i>	Pentatomidae spp.	<i>A. custos</i>	Tot.
Ovature raccolte	77	5	11	3	5	101
Uova raccolte	2054	71	919	34	80	3158

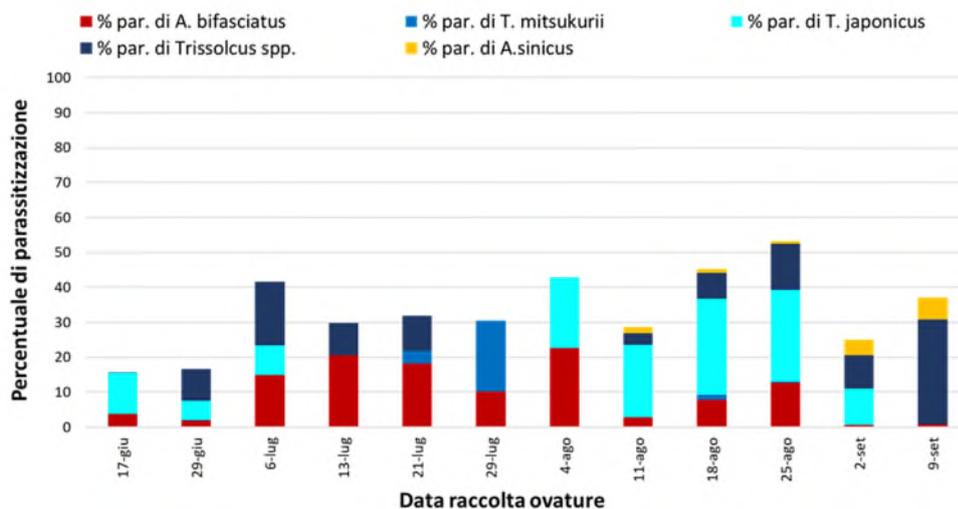
Nel sito di Fossanova San Marco, *T. japonicus* è stata la specie di parassitoide dominante nel 2021 essendo emerso dal 16,37% delle uova di cimice asiatica (Tabella 3.2.21). Nel sito di Gallo la presenza di *T. japonicus* è stata esigua, mentre *T. mitsukurii* ha mostrato i più elevati valori di percentuale di parassitizzazione.

**Tabella 3.2.21.** Numero di uova e relativa parassitizzazione.

Parametro	Fossanova 2021	Gallo 2021
Tot. ovature raccolte	360	77
Tot. uova raccolte	9456	2054
Uova parassitizzate (%)	34,72	9,25
<i>Trissolcus japonicus</i> (%)	16,37	0,49
<i>Trissolcus mitsukurii</i> (%)	1,14	5,06
<i>Trissolcus</i> spp. (%)	8,38	0,15
<i>Anastatus bifasciatus</i> (%)	7,60	2,78
<i>Ooencyrtus telenomicida</i> (%)	-	0,78
<i>Acroclisoides sinicus</i> (%)	1,36	-

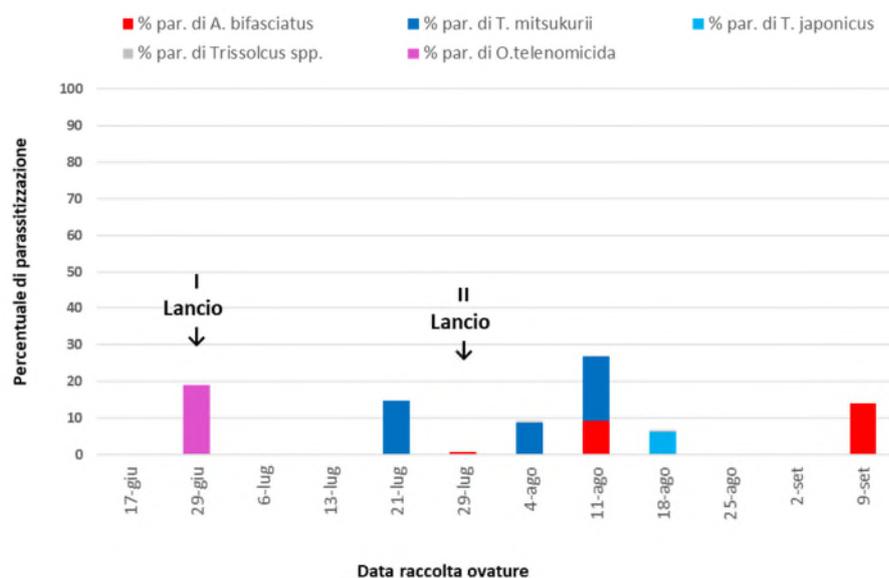
### Andamento della parassitizzazione nel tempo

A Fossanova nel 2021 la presenza di *T. japonicus* è stata rilevata su ovature di cimice asiatica a partire dal 17 giugno (Figura 3.3.25). Si conferma, inoltre, la presenza di *A. bifasciatus* che ha un'attività preponderante fino a inizio agosto. A fine luglio-inizio agosto subentrano i *Trissolcus*, in particolare *T. japonicus* che risulta abbondante a partire da questo periodo. Anche nel 2021 la presenza dell'iperparassitoide *A. sinicus* è cresciuta a fine stagione pur mantenendosi a livelli più bassi che nel 2020.



**Figura 3.3.25.** Andamento della parassitizzazione a Fossanova San Marco nel 2021 in relazione alla data di campionamento.

Pochi parassitoidi sono stati rilevati a Gallo, probabilmente in relazione a una ridotta presenza di ospiti. È comunque notevole il ritrovamento di *T. japonicus* il 18 agosto a seguito dei due lanci (Figura 3.3.26).



**Figura 3.3.26.** Andamento della parassitizzazione a Gallo nel 2021 in relazione alla data di campionamento.

#### BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE:

Costi E, Haye T, Maistrello L (2017) Biological parameters of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, in southern Europe. *J Pest Sci* 90:1059–1067. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0899-z>

Wong WHL, Walz MA, Oscienny AB, et al (2021) An Effective Cold Storage Method for Stockpiling *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) Eggs for Field Surveys and Laboratory Rearing of *Trissolcus japonicus* (Hymenoptera: Scelionidae). *J Econ Entomol* 114:571–581. <https://doi.org/10.1093/jee/toaa307>

#### CONCLUSIONI

Questa azione ha permesso di dimostrare la capacità di insediamento e diffusione di *T. japonicus*, la cui sua presenza è risultata assai variabile nei vari siti indagati.

Nel complesso, le indagini in prov. di Modena e Reggio Emilia nel 2020 hanno evidenziato una bassa efficacia di parassitizzazione da parte di *T. japonicus* nelle ovature di *H. halys*, verificatesi entro un raggio di 50 metri dal punto di rilascio. Tuttavia i dati sono da considerare con cautela a causa del numero limitato di ovature parassitizzate rinvenute. *T. mitsukurii* è risultato il parassitoide più abbondante nelle ultime due rilevazioni, in particolare a Campogalliano, dove è apparso in costante espansione. Di particolare interesse il fatto che nessuno dei pentatomidi non bersaglio sia stato parassitizzato da *T. japonicus* e *T. mitsukurii*.

*A. bifasciatus* mostra un'ampia variabilità nell'impatto su *H. halys*, probabilmente a causa della sua natura di parassitoide generalista, le cui preferenze degli ospiti possono quindi variare molto a

seconda della disponibilità nei diversi ambienti. Degna di nota è la parassitizzazione delle uova di *H. halys* da parte dei parassitoidi nativi *O. pityocampae* e *T. semistriatus*, indicando il loro probabile inizio di adattamento al nuovo ospite.

Considerando le indagini in prov. di Modena e Reggio Emilia nel 2021 si è osservata una percentuale di parassitizzazione complessiva delle uova di *H. halys* pari al 8,31%. Il parassitoide autoctono *A. bifasciatus* ha presentato le maggiori percentuali di parassitizzazione (7,36%), seguito dagli esotici *T. mitsukurii* e *T. japonicus* con percentuali rispettivamente pari allo 0,48% e 0,33%. Inoltre si è riscontrata anche la presenza di un individuo dell'iperparassitoide esotico *A. sinicus*.

È possibile che le ridotte percentuali di parassitizzazione riscontrate nel 2021 in questi siti siano da mettere in relazione alle condizioni climatiche avverse nel periodo del monitoraggio, caratterizzate da un clima caldo e secco che ha avuto un impatto sia sul mancato sviluppo della specie ospite ma verosimilmente anche sull'attività dei parassitoidi.

Per quanto riguarda le indagini in prov. di Ferrara e in Romagna, in alcune situazioni come ad esempio a Fossanova San Marco (FE), *T. japonicus* è il parassitoide più abbondante di *H. halys* già a partire dal 2021, cioè un dopo un solo anno dal primo lancio. Questo sembra confermare le buone prospettive future per un impatto considerevole sulle popolazioni di *H. halys*. In altri siti, come ad esempio a Montesanto (FE) dove il rilascio inoculativo è stato realizzato solo nel 2020, è stato riscontrato un aumento della presenza di *T. japonicus* da 0,03% nel 2020 al 5,1% nel 2021, dimostrando la capacità di insediamento sul territorio e la possibilità di svernare in campo. Alcuni siti di dettaglio come Roncadello (FC) hanno permesso di raccogliere ulteriori importanti informazioni: ovature di cimice asiatica parassitizzate da *T. japonicus* sono state rinvenute anche dopo un mese dal secondo rilascio e in aree distanti oltre 50 m dal punto di rilascio. Questi risultati permettono di affermare che *T. japonicus* dimostra una certa capacità di spostamento e di ricerca delle ovature. Dai dati raccolti l'abbondanza di *T. japonicus* sembra crescere da agosto in poi, con un attacco più massiccio sulle ovature della seconda generazione di cimice.

### **AZIONE 3.3 – Determinazione tassonomica dei parassitoidi sfarfallati**

#### **OBIETTIVI:**

Determinazione tassonomica delle specie di parassitoidi oofagi sfarfallati dalle ovature raccolte durante i monitoraggi previsti nel progetto al fine di ottenere una lista dei parassitoidi presenti sul territorio regionale in grado di completare il proprio sviluppo sulla specie target e su altri Pentatomidae presenti sul territorio regionale.

#### **MATERIALI E METODI**

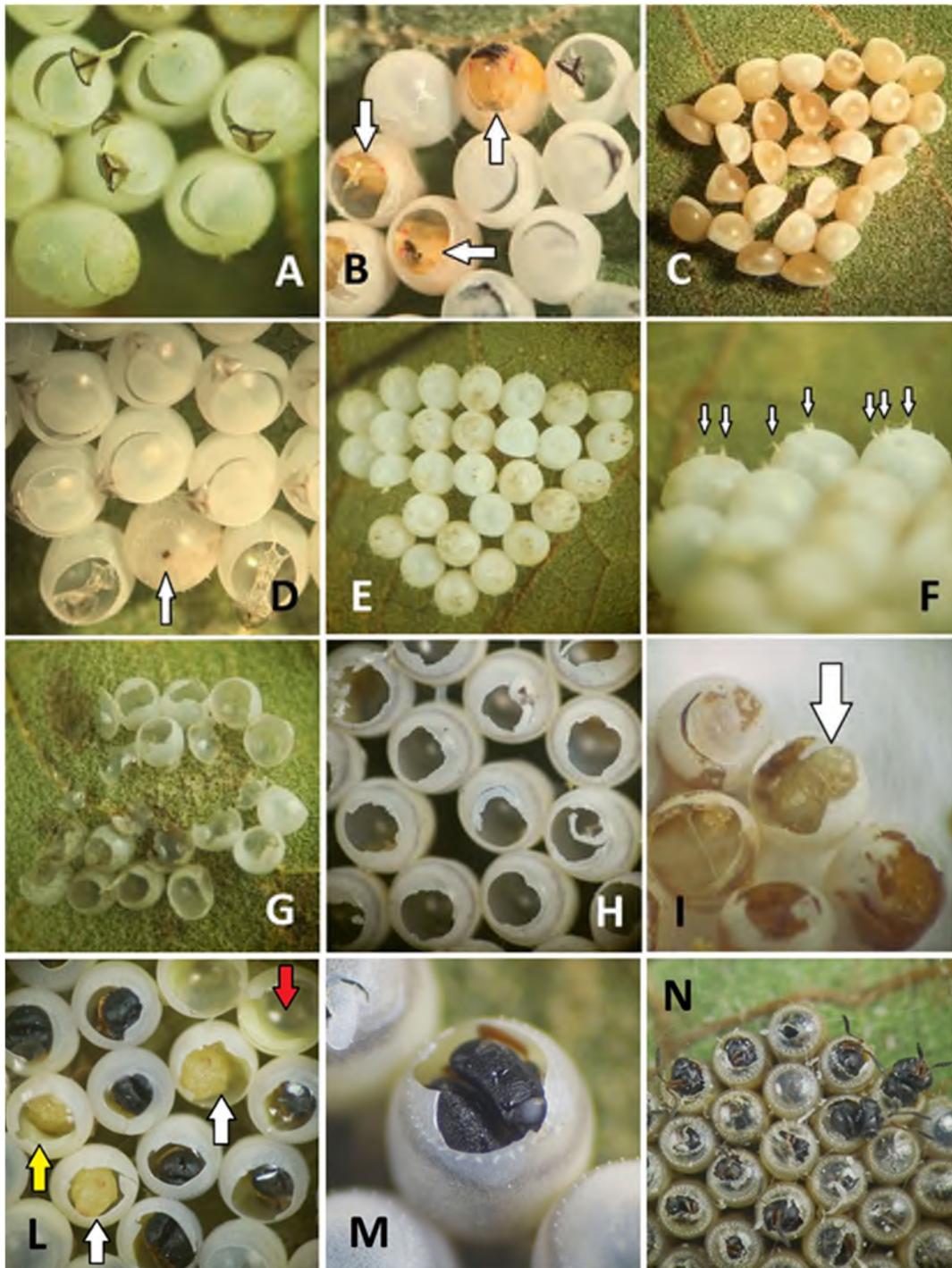
##### **Fase 1 - Conservazione e dissezione delle ovature raccolte**

Le ovature conservate in laboratorio sono state controllate almeno una volta a settimana per asportare le neanidi di Pentatomidae regolarmente schiuse e i parassitoidi sfarfallati, i quali sono stati immediatamente conservati in provette Eppendorf con etanolo puro, corredati da relativi dati

di cattura, per eventuali future analisi molecolari, determinanti nell'identificazione dei parassitoidi e nel verificare l'appartenenza dei *T. japonicus* trovati alla popolazione originaria del laboratorio. Nel mentre, per ogni ovatura, è stato registrato su tabelle la specie di Pentatomidae cui si attribuiscono le uova, il numero di uova presenti, le neanidi regolarmente schiuse (Figura 3.3.1 A), le uova succhiate (da insetti predatori o per cannibalismo, Figura 3.3.1 D, E, F), le uova mangiate (presumibilmente da insetti predatori), i fori di sfarfallamento di parassitoidi (sia quelli già presenti al momento della raccolta che quelli avvenuti in laboratorio, Figura 3.3.1 H), il numero e il sesso dei parassitoidi sfarfallati raccolti, e, una volta identificati, genere e specie. Al termine dei 30 giorni di conservazione, le ovature sono state dissezionate allo stereomicroscopio, con l'ausilio di due spilli entomologici. Cercando di aprire con una leggera pressione l'opercolo e praticando un'incisione sul lato dell'uovo, è stato possibile estrarre ed esaminare il contenuto. Sono stati così registrati per ogni ovatura il numero di:

- *nymph traps* (NT): neanidi dell'ospite differenziate, che non sono riuscite a completare lo sviluppo e a schiudere, riconoscibili grazie alla presenza di indicatori come gli occhi rossi in via di formazione, le strisce scure degli uriti, l'egg-burster e il normale colore che avrebbero assunto le neanidi una volta schiuse (Figura 3.3.1 B).
- ovature abortite (AB): contenenti vitello informe, non attribuibile né a embrioni di Pentatomidae in normale corso di sviluppo deceduti per cause naturali, né a embrioni deceduti a causa di host feeding e/o tentativi di parassitizzazione da parte di parassitoidi (Figura 3.3.1 C).
- *parasitoid traps* (PT): parassitoidi adulti che non sono riusciti a uscire dall'uovo ospite, perfettamente formati e quindi determinabili nel sesso e nella specie (Figura 3.3.1 L, M, N).
- tutti i possibili stadi di sviluppo dei parassitoidi riscontrabili (meconi, larve e pupe, Figura 3.3.1 I, L) che indicano l'avvenuta parassitizzazione ma che sono abortiti/deceduti per cause sconosciute.

I PT, i meconi, le larve e le pupe sono conservati in etanolo insieme agli eventuali parassitoidi sfarfallati, così come le ovature da cui sono stati estratti o sono sfarfallati.



**Fig. 3.3.1.** Esempi di uova schiuse, dove si nota l'egg burster, o *ruptor ovi* (A), nymph traps esposti dalla dissezione (B), aspetto esterno di uova abortite contenenti vitello informe (C), un uovo succhiato che presenta il segno lasciato dallo stiletto del predatore (D), aspetto di un'ovatura interamente succhiata (E), uova succhiate in cui distinguono i feeding tubes, strutture tubolari cave lasciate dall'apparato succhiatore del predatore (F), un'ovatura completamente predata (G), fori di sfarfallamento di *T. mitsukurii*, dove si notato gli anelli scuri intorno agli opercoli (H), una larva di parassitoide, probabilmente di *A. bifasciatus*, esposta dalla dissezione (I), dissezione di uova di *H. halys* che mostra meconio (freccia rossa), larva (freccia gialla), pupe (freccie bianche) e parasitoid traps di *T. mitsukurii* (L), particolare di parasitoid trap di *T. mitsukurii* (M) e parasitoid traps di *T. basalis* in un'ovatura di *N. viridula*. Foto M. Violi

## Fase 2 - Determinazione parassitoidi, analisi dati e fotografie

I *Trissolcus* spp. sono stati determinati seguendo le chiavi per le specie europee in Talamas et al. (2018) con l'integrazione di Tortorici et al. (2019). Nelle ovature in cui sono stati rinvenuti solo individui maschi, ci si è limitati per prudenza alla sola determinazione generica, essendo le chiavi dicotomiche, presenti nelle due pubblicazioni appena citate, applicabili solo alle femmine. Gli *Ooencyrtus* spp. sono stati gentilmente determinati da Adriano Cazzuoli (Mirandola, MO) su base fotografica. Gli *A. bifasciatus* sono stati determinati con le chiavi di (Askew and Nieves-Aldrey, 2004). *A. sinicus* è stato determinato su base morfologica secondo (Sabbatini Peverieri et al., 2019). Per i *Telenomus* spp. ci si è limitati alla sola determinazione generica.

Per la dissezione delle uova e la determinazione dei parassitoidi sono stati utilizzati diversi stereomicroscopi, un trinoculare Zeiss Stemi 2000-C e due binoculari, un Olympus SZ30 binoculare e un Nikon SMZ-2B. Le immagini sono state ottenute con una fotocamera Nikon Coolpix S6900 applicata allo stereomicroscopio Nikon SMZ-2B o, utilizzando il metodo dello stacking col programma dedicato Zerene Stacker (fino a 80 scatti per immagine), a un microscopio biologico Reichert Microstar IV con epi-illuminazione a led (fino a 100x, con obiettivi 4x Plan Achrom e 10x Neoplan e oculari 10x).

## RISULTATI

I risultati vengono mostrati in termini di immagini dei parassitoidi oofagi rinvenuti nelle ovature esaminate e fotografati come sopra indicato. In particolare vengono mostrati le seguenti specie (dove non diversamente specificato le specie sono da intendersi come native).

Famiglia Scelionidae:

- *Trissolcus japonicus* (Figura 3.3.2) (alloctono)
- *Trissolcus mitsukurii* (Figura 3.3.3) (alloctono)
- *Trissolcus basalis* (Figura 3.3.4)
- *Trissolcus semistriatus* (Figura 3.3.5)
- *Trissolcus belenus* (Figura 3.3.6)

Famiglia Eupelmidae:

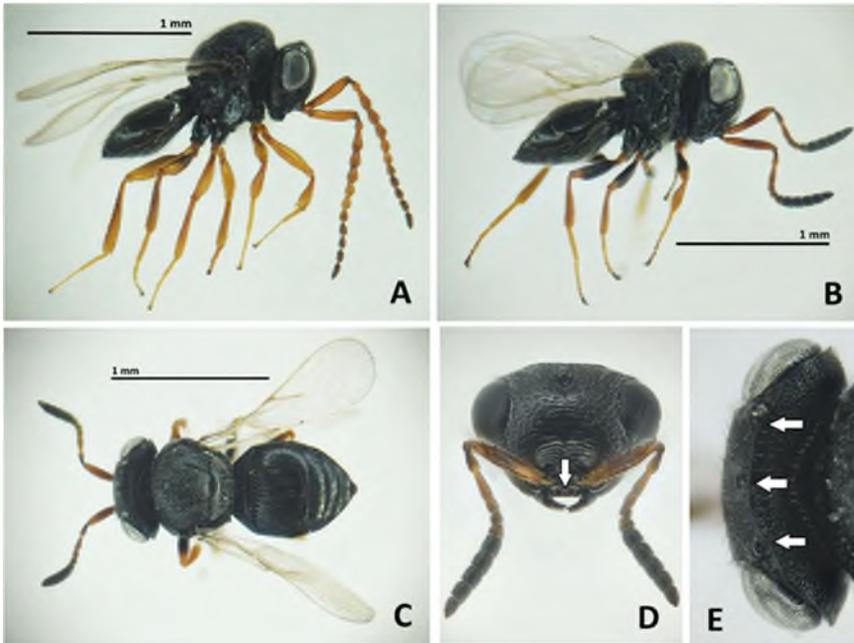
- *Anastatus bifasciatus* (Figura 3.3.7)

Famiglia Encyrtidae:

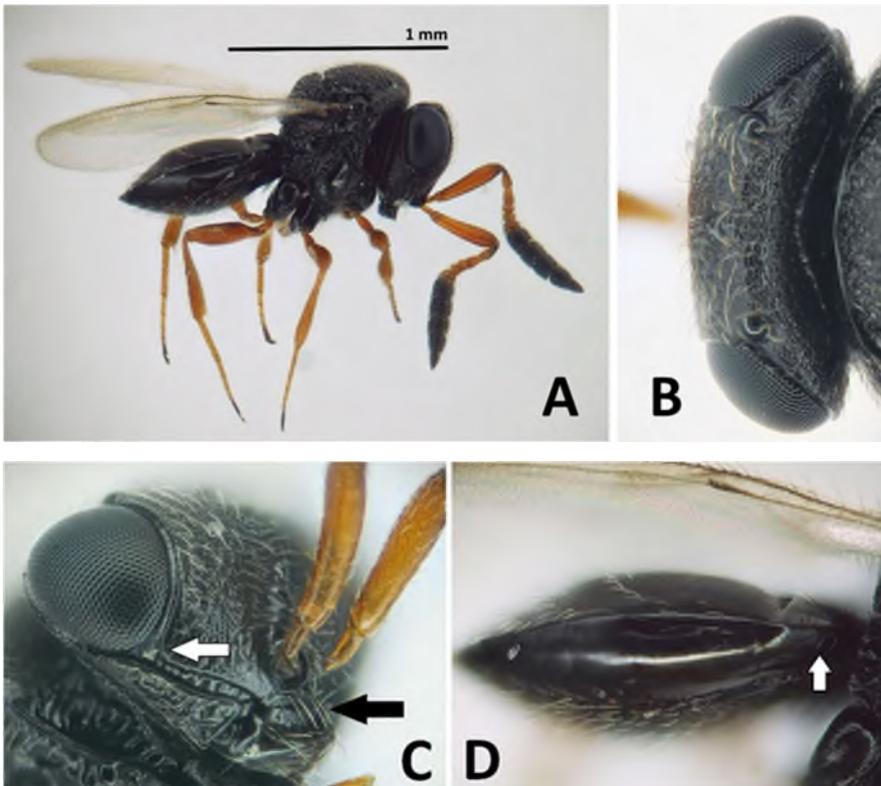
- *Ooencyrtus pityocampae* (Figura 3.3.8)

Famiglia Pteromalidae:

- *Acroclisoides sinicus* (Figura 3.3.9) (alloctono, iperparassitoide)



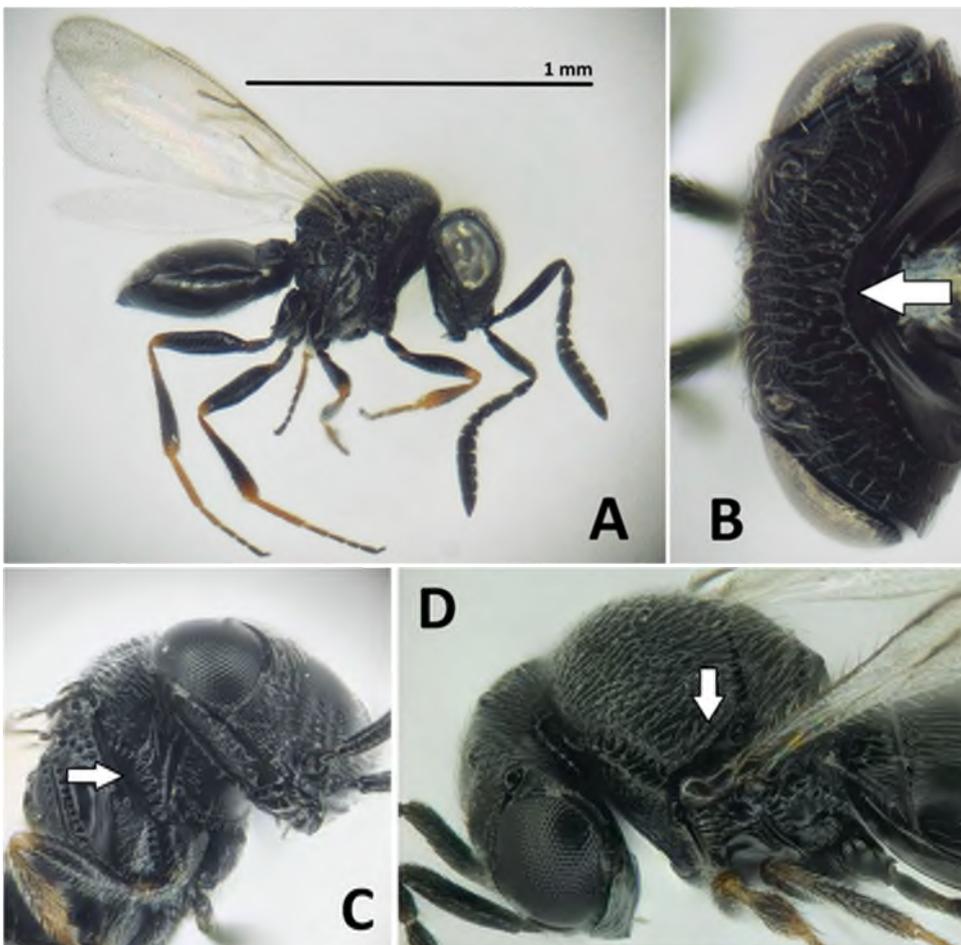
**Figura 3.3.2.** Habitus del maschio (A) e femmina (B e C) di *T. japonicus*, visione frontale del capo, con le 4 setole del clipeo indicate dalle frecce (D) e lo stesso in visione dorsale, con la carena iperoccipitale indicata dalle frecce (E). Foto M. Violi



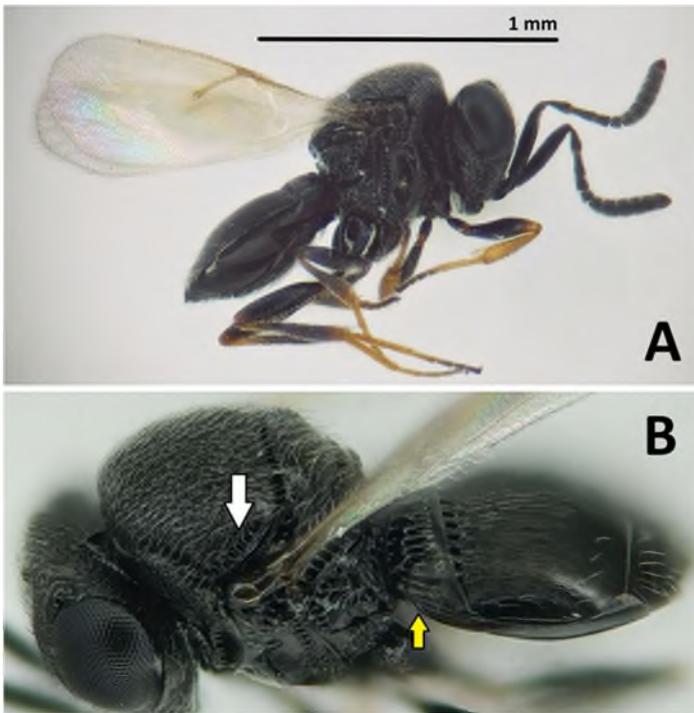
**Figura 3.3.3.** Habitus della femmina di *T. mitsukurii* (A), capo in visione dorsale, senza carena iperoccipitale fra gli ocelli (B), lo stesso in visione latero-ventrale, col solco orbitale sul lato interno dell'occhio espanso all'intersezione col solco malare indicato dalla freccia bianca e le 6 setole del clipeo indicate dalla freccia nera (C) e visione laterale dell'addome, con la linea di setole lungo il margine dorsale del primo laterotergite indicate dalla freccia (D). Foto M. Violi



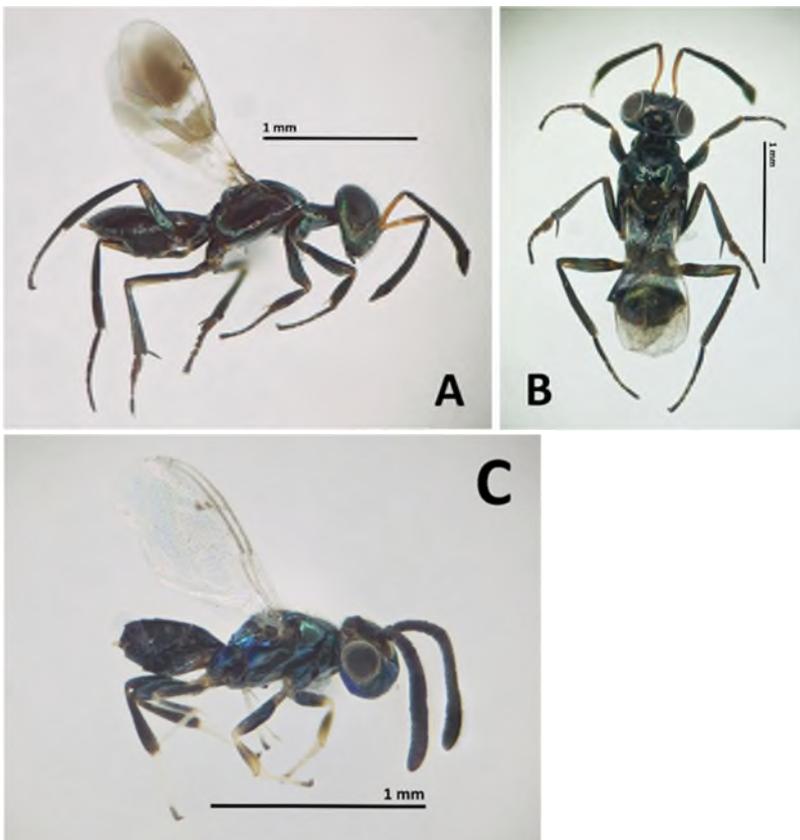
**Figura 3.3.4.** Habitus della femmina di *T. basalis* (A), visione laterale di capo e torace, con solco del netrion incompleto dorsalmente e netrion indistinto indicati dalla freccia (B) e visione postero-dorsale del capo, con carena occipitale ad angolo ottuso indicata dalla freccia (C). Foto M. Violi



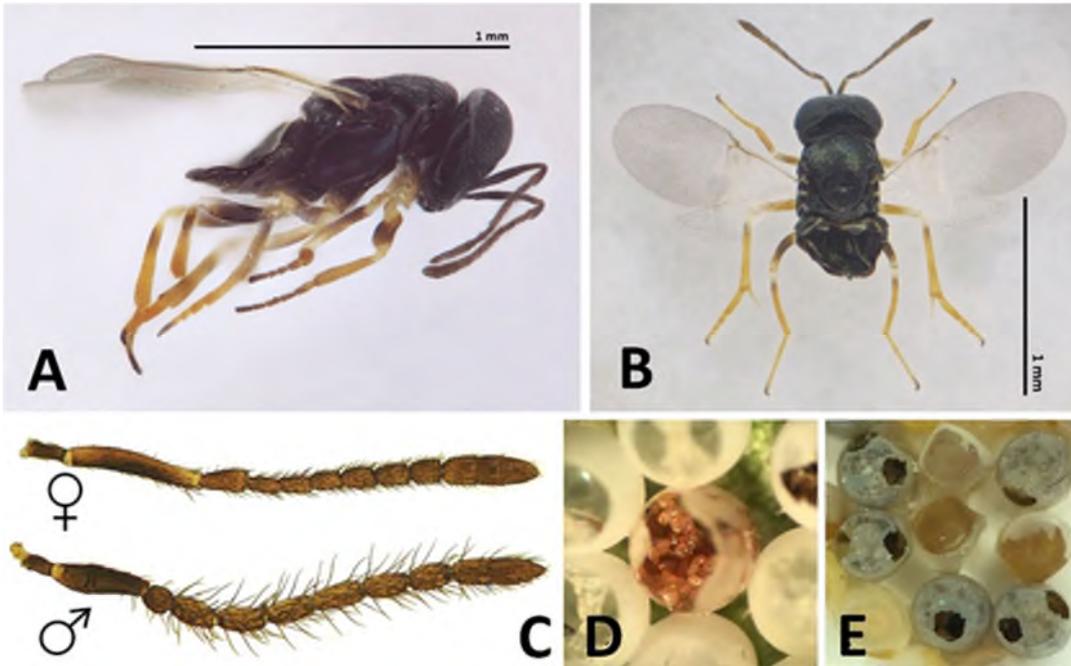
**Figura 3.3.5.** Habitus della femmina di *T. semistriatus* (A), visione postero-dorsale del capo, con la carena occipitale ad angolo acuto indicata dalla freccia (B), visione latero-ventrale di capo e torace, con solco del netrion completo e netrion ben distinto indicati dalla freccia (C) e visione latero-dorsale, col solco omerale del mesoscuto a superficie liscia indicato dalla freccia (D). Foto M. Violi



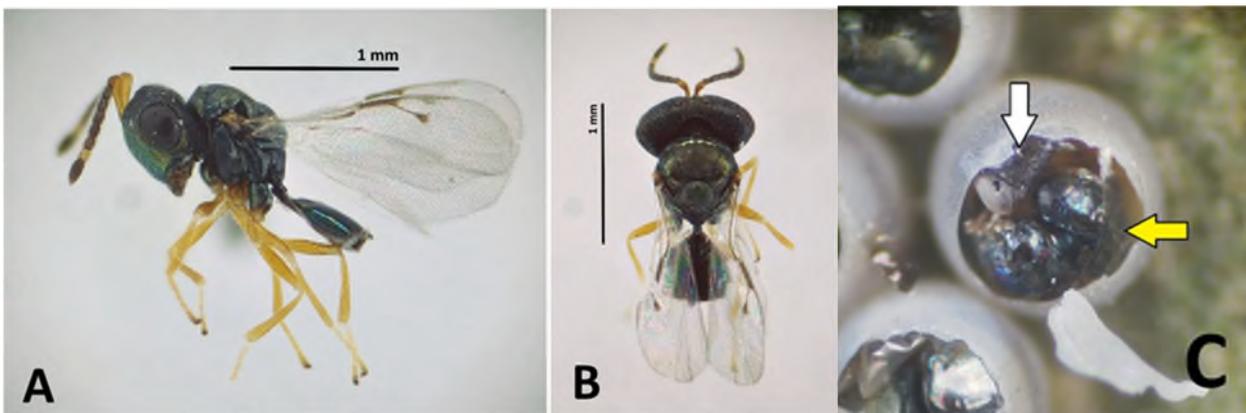
**Figura 3.3.6.** Habitus della femmina di *T. belenus* (A) e visione latero-dorsale, con solco omerale del mesoscuto composto da distinte fovee indicato dalla freccia bianca e setole del primo laterotergite indicate dalla freccia gialla (B). Foto M. Violi



**Figura 3.3.7.** Habitus di *Anastatus bifasciatus*, laterale (A) e dorsale (B) della femmina, e laterale del maschio (C). Foto M. Violi



**Figura 3.3.8.** Habitus laterale (A) e dorsale (B) della femmina di *Ooencyrtus pityocampae*, dimorfismo sessuale nelle antenne (C, in scala), meconio in un uovo dissezionato di *H. halys* (D) e fori di sfarfallamento in ovatura sentinella, da uno a due nello stesso uovo (E). Foto M. Violi



**Figura 3.3.9.** Habitus laterale (A) e dorsale (B) di *Acroclisoides sinicus*. L'edeago che sporge dall'estremità dell'addome indica che si tratta di un individuo maschio. In (C) un uovo di *H. halys* dissezionato che mostra un parasitoid trap di *A. sinicus* (freccia gialla) e in cui si distinguono le vestigia dell'ospite, la testa di un *T. mitsukurii* (freccia bianca), ad indicare che l'iperparassitizzazione è avvenuta a sviluppo completo del parassitoide primario. Foto M. Violi

## CONCLUSIONI:

Questa azione, cruciale ed indispensabile ai fini di tutte le altre azioni del progetto, ha consentito di:

- a) effettuare un'accurata analisi delle ovature di Pentatomidae (sia cimice asiatica che altre specie non target) raccolte nell'ambito delle diverse indagini, verificando e categorizzando lo status delle uova
- b) ottenuta la lista delle specie di parassitoidi oofagi sfarfallati dalle ovature (nativi e alloctoni) e fornisce anche dettagliate immagini ottenute al microscopio di ognuna delle specie, distinguendo i sessi ed altri dettagli.

### **AZIONE 3.4 – Analisi integrata delle relazioni tra pattern spaziali di ovature e parassitizzazioni e caratteristiche naturali e antropiche del paesaggio indagate tramite GIS in buffer attorno ai siti di ricerca**

#### **OBIETTIVI**

Definire i fattori ecologici che favoriscono la presenza, l'abbondanza e la diffusione delle diverse specie di parassitoidi oofagi di *H. halys*.

#### **MATERIALI E METODI**

Il dataset georeferenziato completo dei siti individuati e seguiti nelle azioni 3.1 e 3.2, è stato utilizzato per condurre le analisi geostatistiche, attraverso ArcGIS Pro e i relativi tool di analisi spaziale e geostatistica.

Il dataset filtrato in modo da considerare solamente i siti con almeno sette ovature rinvenute è stato poi impiegato per attuare le analisi di correlazione tra parassitizzazione e composizione del paesaggio in prossimità dei siti di campionamento (misurata come percentuale di varie categorie di uso/copertura del suolo all'interno di buffer) e tra parassitizzazione e configurazione del paesaggio in prossimità dei siti di campionamento (misurata attraverso i seguenti indici di struttura del paesaggio: connectance index, fractal dimension index, landscape division index). Al fine di indagare gli effetti della scala, le analisi di composizione e configurazione del paesaggio e le analisi di correlazione sono state condotte con riferimento a tre buffer, di 100 m, 250 m e 500 m dal centro del sito indagato che, nel caso di siti dove è stato lanciato *T. japonicus*, coincide con il punto di lancio. Tali analisi sono state effettuate attraverso ESRI ArcGIS Pro e i relativi tool di analisi spaziale, Fragstats, e per le analisi di correlazione è stato usato *Python 3.9* con diverse librerie. I dati sono inoltre stati analizzati al fine di indagare i modelli di distribuzione spaziale e le dinamiche ecologiche degli insetti, tramite il pacchetto SADIE.

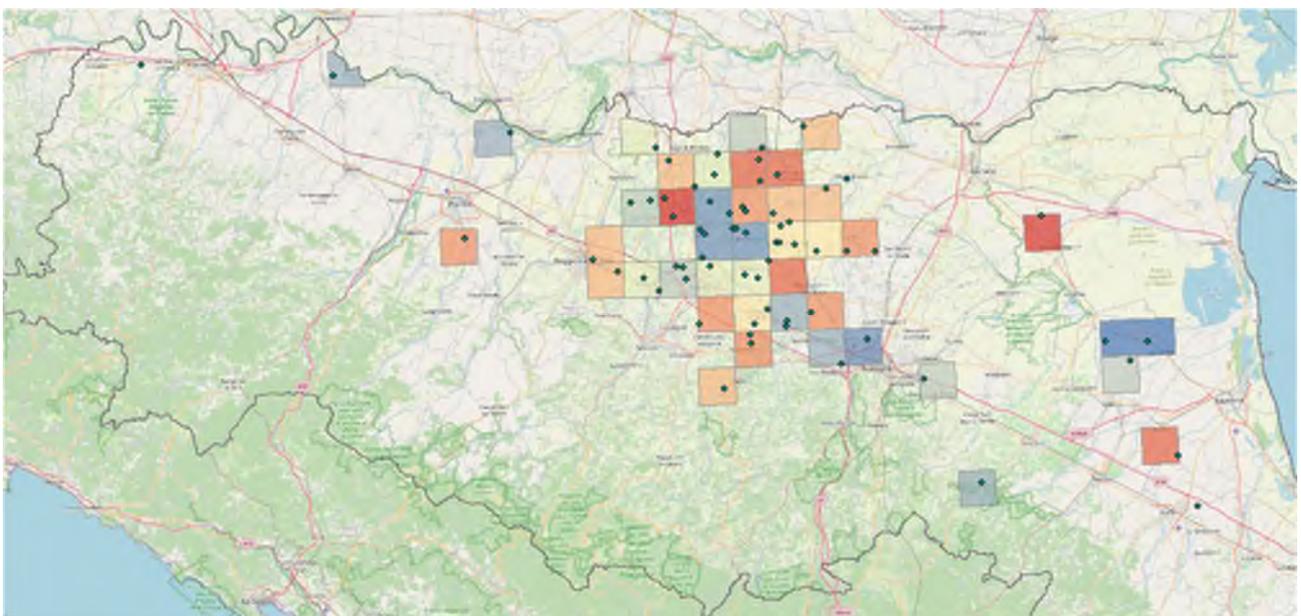
Il geodataset di uso/copertura del suolo è stato creato partendo dagli ultimi dati disponibili sull'uso del suolo dell'Emilia-Romagna (del 2017), rielaborato, integrato e ulteriormente dettagliato in termini di risoluzione spaziale e di categorie considerate, in relazione ai fini specifici dello studio. Le categorie di uso del suolo del database regionale sono state aggregate nelle seguenti classi: aree

artificiali, aree verdi non trattate, acque, scavi e discariche, seminativi, frutteti e vigneti. Una minuziosa procedura di fotointerpretazione e digitalizzazione di immagini satellitari ha consentito di integrare il geodatabase di uso/copertura del suolo all'interno di un buffer di 500 m sito di ciascun sito di campionamento in cui sono state rinvenute almeno sette ovature, per un totale di 109 digitalizzazioni. In modo da valutare come, nello specifico, le variabili di paesaggio hanno influenzato le principali specie di ooparassitoidi (*A. bifasciatus*, *T. japonicus*, *T. mitsukurii*), sono state effettuate due Redundancy Analysis: una che includeva come esplicative le percentuali delle principali categorie di uso del suolo nel raggio di 250 m, l'altra che includeva i valori di connectance index delle stesse categorie alla stessa scala. In entrambi i casi, tra le esplicative è stato incluso anche il numero di rilasci annuali. La significatività dei risultati è stata testata con un ANOVA-like permutation test. Queste analisi sono state effettuate con le funzioni *rda* e *anova.cca* nel pacchetto *vegan* v2.5-6 in R 3.6.2.

## RISULTATI

### Spazializzazione e mappatura della percentuale di parassitizzazione

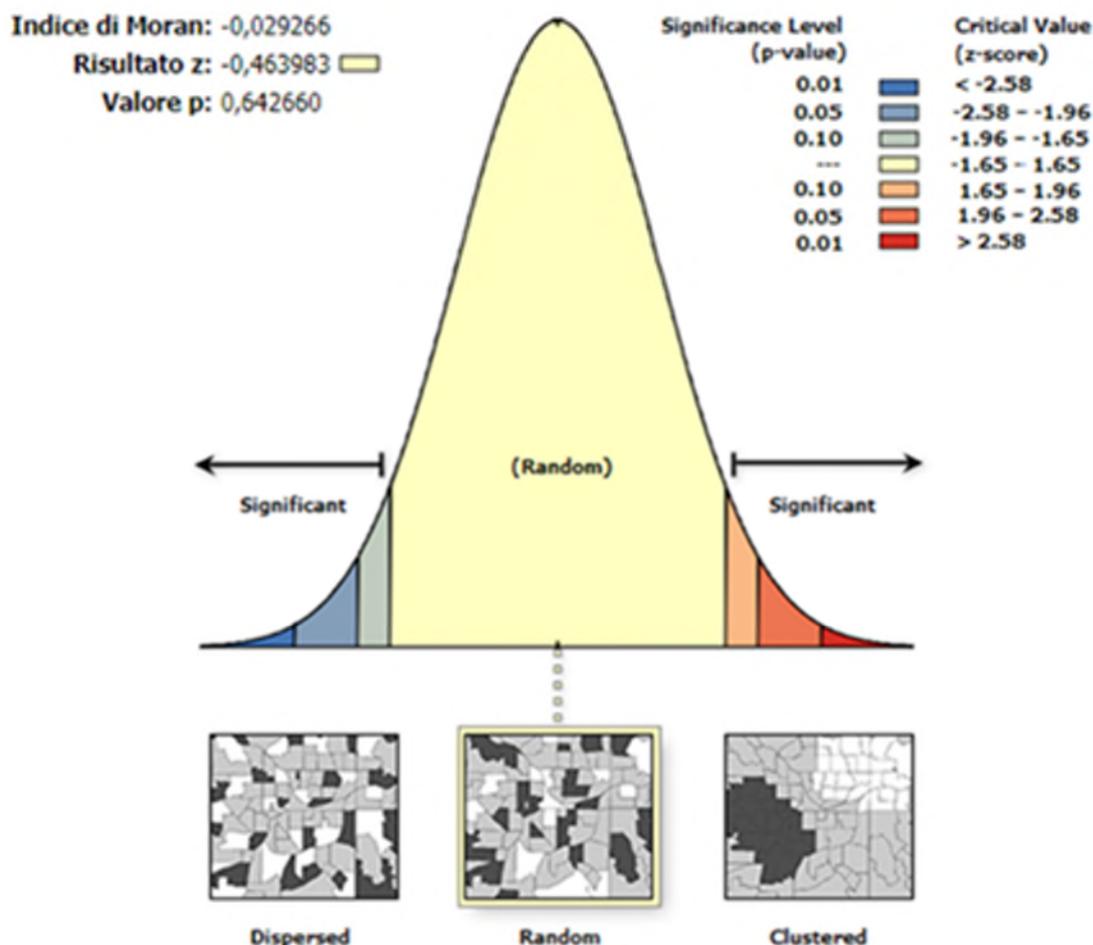
Per effettuare una prima caratterizzazione della distribuzione della percentuale di parassitizzazione il territorio della regione è stato discretizzato attraverso una griglia a maglia quadrata di 7 km di lato. La Figura 3.4.1 mostra la percentuale media di uova parassitizzate calcolata per ogni quadrato della griglia tramite ArcGIS Pro.



**Figura 3.4.1.** Distribuzione qualitativa della parassitizzazione sul territorio.

Al fine di caratterizzare la distribuzione delle parassitizzazioni di uova di cimice asiatica, sono state poi condotte diverse analisi geostatistiche tramite l'utilizzo di vari tool di ArcGIS. Tutte le analisi sono state condotte utilizzando la parassitizzazione totale, e le parassitizzazioni dovute a *T. japonicus*, *T. mitsukurii* e *A. bifasciatus* a carico delle uova di *H. halys*. L'analisi tramite interpolazione IDW (Inverse Distance Weighting) e successiva crossvalidazione non ha evidenziato cluster nelle

parassitizzazioni. Anche l'analisi tramite interpolazione stocastica Kriging non ha evidenziato la presenza di cluster nei dati della parassitizzazione delle uova di *H. halys*. L'assenza di cluster è stata confermata dall'analisi condotta tramite l'indice di autocorrelazione spaziale di Moran. Il risultato dell'indice di Moran con i dati delle parassitizzazioni delle uova di *H. halys* è infatti pari a 0,029266, e i valori di z-score e p-value risultanti, come si può osservare in Figura 3.4.2, non permettono di rigettare la casualità del posizionamento dei dati. Anche la hotspot analysis condotta tramite il tool di ArcGIS "Optimized Hot Spot Analysis" non ha riconosciuto relazioni tra i punti di valore noto usando come parametro la percentuale di parassitizzazione a carico delle uova di *H. halys*.



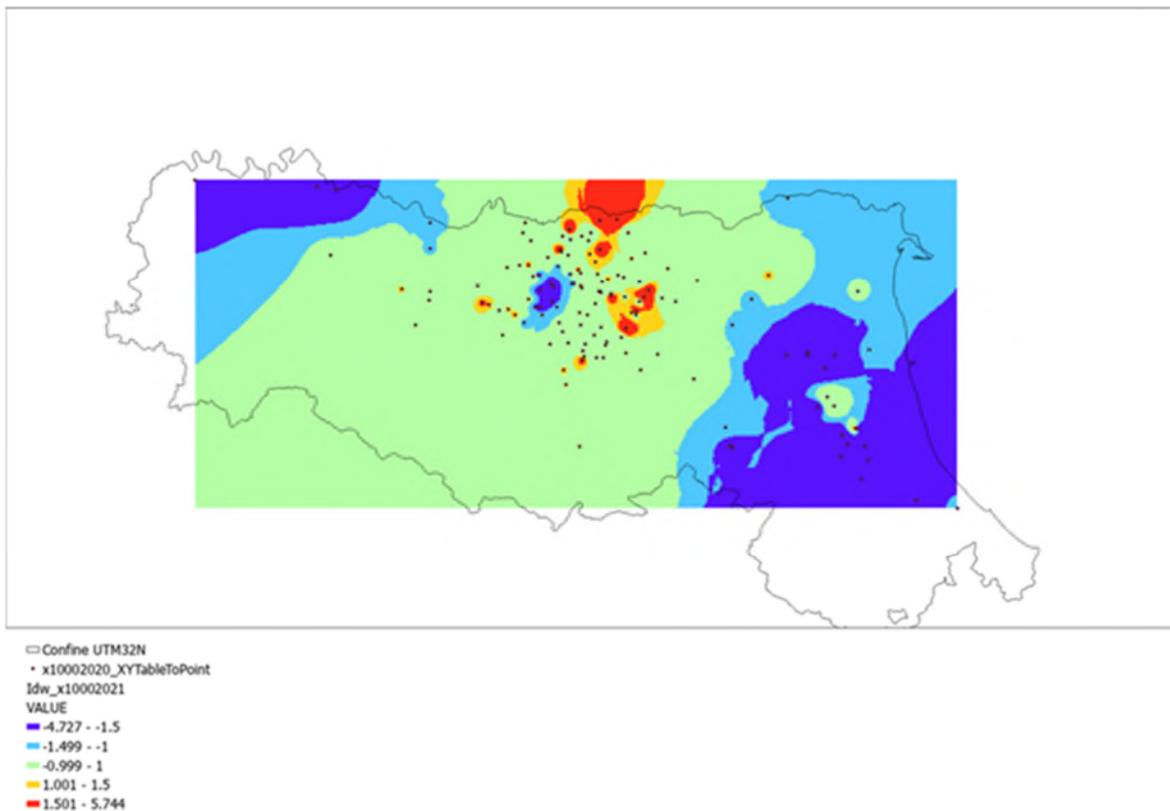
**Figura 3.4.2.** Risultati dell'indice di Moran.

### Cluster analysis delle percentuali di parassitizzazione

SADIE (Spatial Analysis by Distance Indices) è una tecnica per l'analisi di dati spaziali ottimizzata per casi in cui ci sono vaste aree senza campionamenti, adottata con successo in diversi casi in campo entomologico. Le analisi sono state effettuate tramite il software SADIEShell, implementato appositamente per questo scopo, al fine di analizzare la clusterizzazione dei dati delle parassitizzazioni di ovature di cimice asiatica. A titolo esemplificativo si riportano le analisi SADIE applicate ai dati del 2020. Inizialmente, è stata considerata tutta l'area soggetta al campionamento, corrispondente all'intera regione. Successivamente, tale area è stata ridimensionata, prendendo

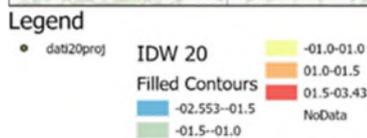
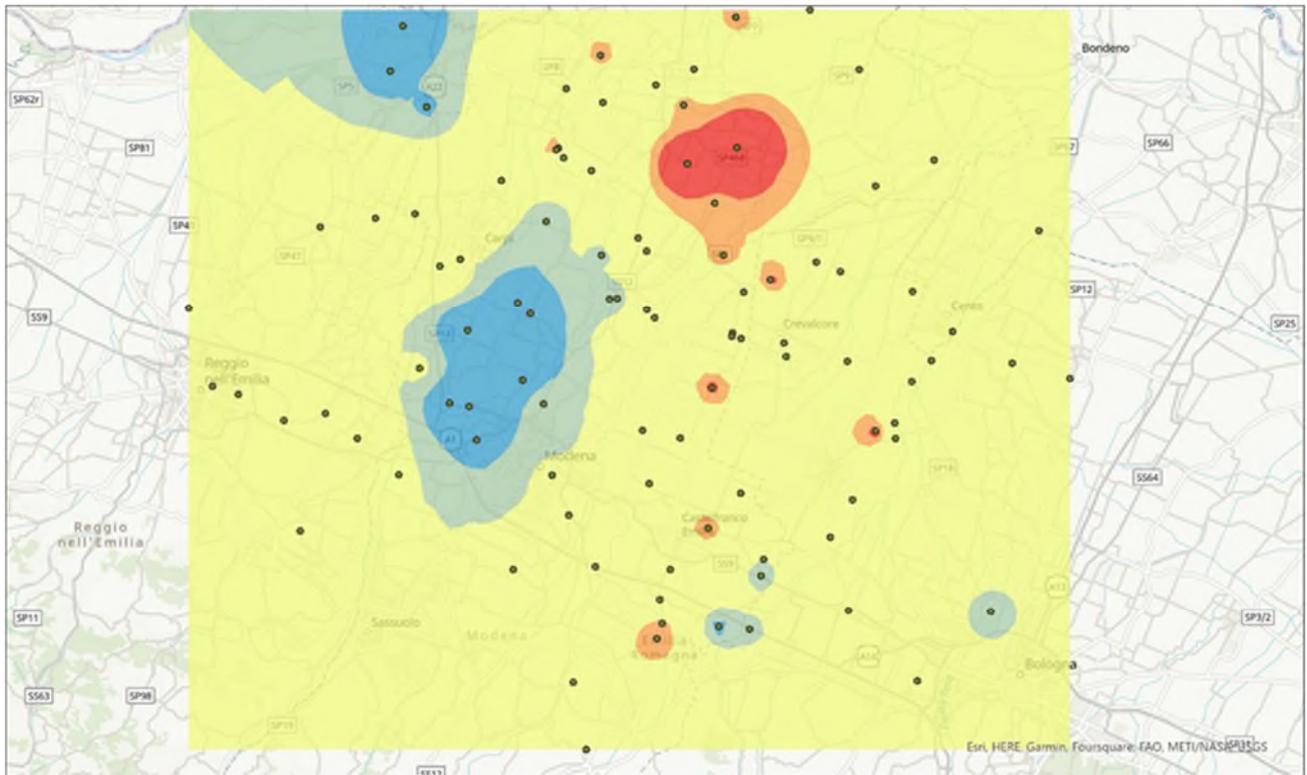
come area di studio solamente la zona in cui si concentra la maggioranza dei campionamenti, ovvero la parte orientale della provincia di Modena e quella occidentale della provincia di Bologna.

Nella Figura 3.4.3 sono riportati i risultati della red-blue analysis: in rosso sono segnalati i patch (aree in cui sono presenti dei cluster positivi) e in blu i gap (cluster negativi). Il valore di  $v_i=1.676$  indica in media la presenza di cluster organizzati in patch "sopra le aspettative", essendo  $v_i>1.5$ . Il valore di  $v_j=-1.223$  indica in media la presenza di cluster organizzati in gap "un po' sopra le aspettative" essendo  $-1.5<v_j<-1$ . Il valore  $I_a=1.688$  è maggiore di uno, per quanto leggermente, dunque indica aggregazioni in cluster.



**Figura 3.4.3.** Red-blue map per tutta l'area di campionamento.

In Figura 3.4.4 sono invece mostrati i risultati della red-blue analysis sull'area più densa, sempre considerando i dati delle parassitizzazioni di uova di cimice asiatica del 2020. Il valore di  $v_i=1.323$  indica in media la presenza di cluster organizzati in patch "sopra le aspettative", essendo  $v_i>1.5$ . Il valore di  $v_j=-1.061$  indica in media la presenza di cluster organizzati in gap "un po' sopra le aspettative" essendo  $-1.5<v_j<-1$ . Il valore  $I_a=1,092$  è maggiore di uno, per quanto leggermente, dunque indica aggregazioni in cluster.



**Figura 3.4.4.** Red-blue map per l'area di campionamento densa.

Dall'analisi SADIE e da quelle condotte in precedenza, si può dedurre che non ci sia correlazione spaziale a scala regionale tra i punti noti di parassitizzazione delle uova di *H. halys*. Lo scarso supporto della cross-validation alle analisi geostatistiche indica come i fattori locali siano probabilmente più influenti di quelli che agiscono su scala regionale. Per questo motivo si è deciso di attuare analisi di paesaggio/habitat nel raggio massimo di 500 m dal centro dei siti campionati, che tenessero quindi conto dei fattori ambientali nei dintorni dei punti di campionamento.

## Analisi di correlazione tra tassi di parassitizzazione e composizione e configurazione del paesaggio

Le analisi di correlazione sono state condotte in due step:

1. Ricercando correlazione tra la composizione del paesaggio all'interno dei buffer costruiti attorno a ogni sito campionato (le 6 categorie di uso/copertura del suolo sopra descritte) e la percentuale totale di uova parassitizzate rilevata nel sito stesso;
2. Ricercando correlazione tra la configurazione del paesaggio all'interno dei buffer costruiti attorno a ogni sito campionato (connectance index e landscape division index) calcolati per ognuna delle 6 categorie di uso del suolo e la percentuale totale di uova parassitizzate rilevata nel sito stesso.

Le correlazioni sono state inoltre separate per raggio dei buffer (100, 250 e 500 m). Gli indici di correlazione utilizzati sono stati il Pearson correlation Index e lo Spearman correlation index. Le correlazioni sono state valutate nella loro significatività tenendo conto di 4 livelli di p-value:

1. Non significatività per  $p > 0,1$
2. Debolmente significativa per  $p < 0,1$
3. Significativa per  $p < 0,05$
4. Altamente significativa per  $p < 0,01$

### Correlazione tra tassi di parassitizzazione e composizione del paesaggio

In Figura 3.4.5 sono presentati risultati per le correlazioni con le percentuali di uso del suolo dei buffer da 100, 250 e 500 metri. Sono state individuate le seguenti correlazioni significative: positiva per la presenza di Frutteti a 100 m e 250 m, mentre negativa con i Seminativi a 500 m.

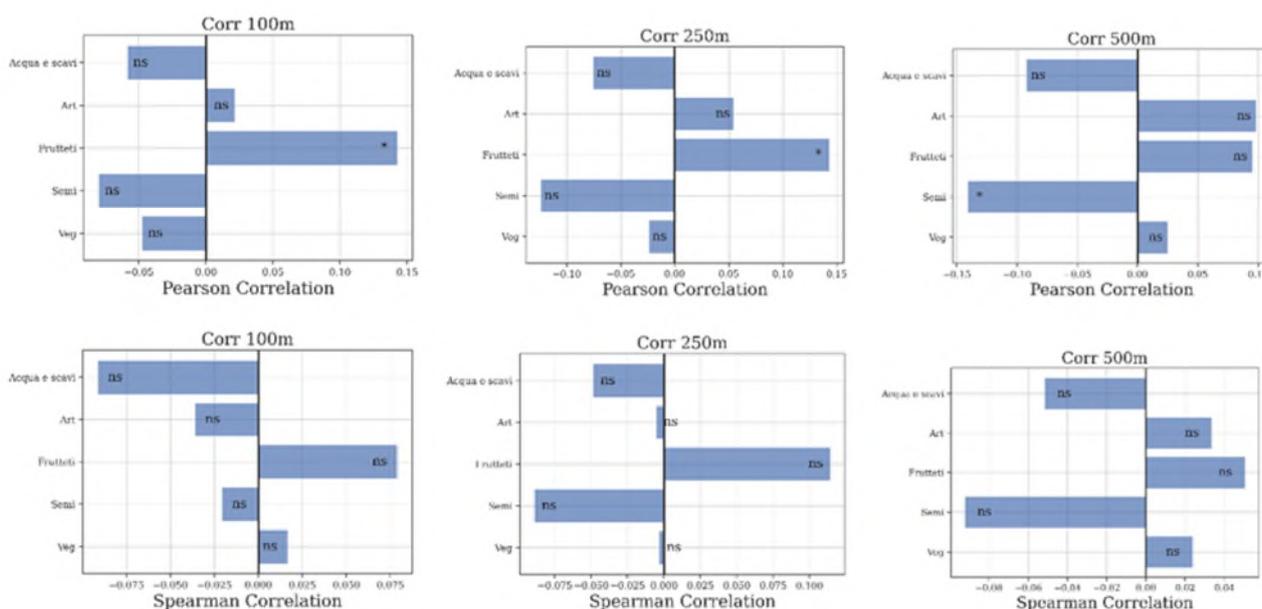


Figura 3.4.5. Correlazioni di uso del suolo con percentuale totale di parassitizzazione.

### Correlazione tra tassi di parassitizzazione e configurazione del paesaggio

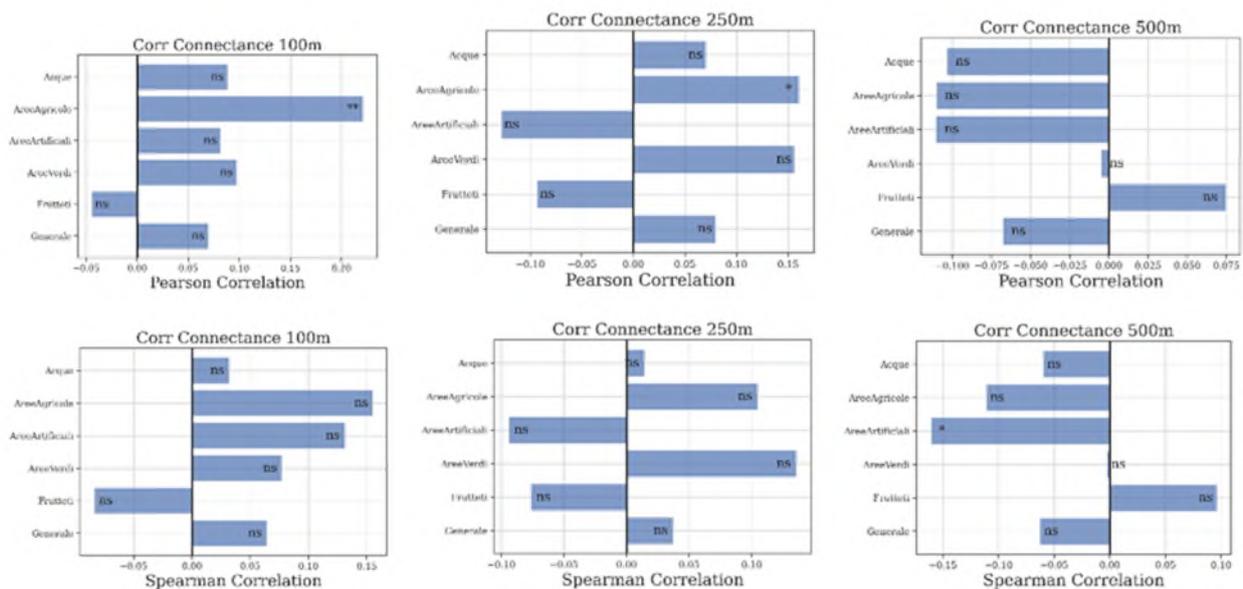
Gli indici presi in considerazione per l'analisi di correlazione sono il connectance index (CI), che misura la connettività della categoria di uso di suolo all'interno del buffer considerato, e il landscape division index (LDI), che invece misura la loro divisione. I due indici sono definiti come:

$$CI = 100 \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=k}^n c_{ijk}}{\sum_{i=1}^m \frac{n_i(n_i-1)}{2}}$$

$$LDI = \left[ 1 - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left( \frac{a_{ij}}{A} \right) \square_2 \right]$$

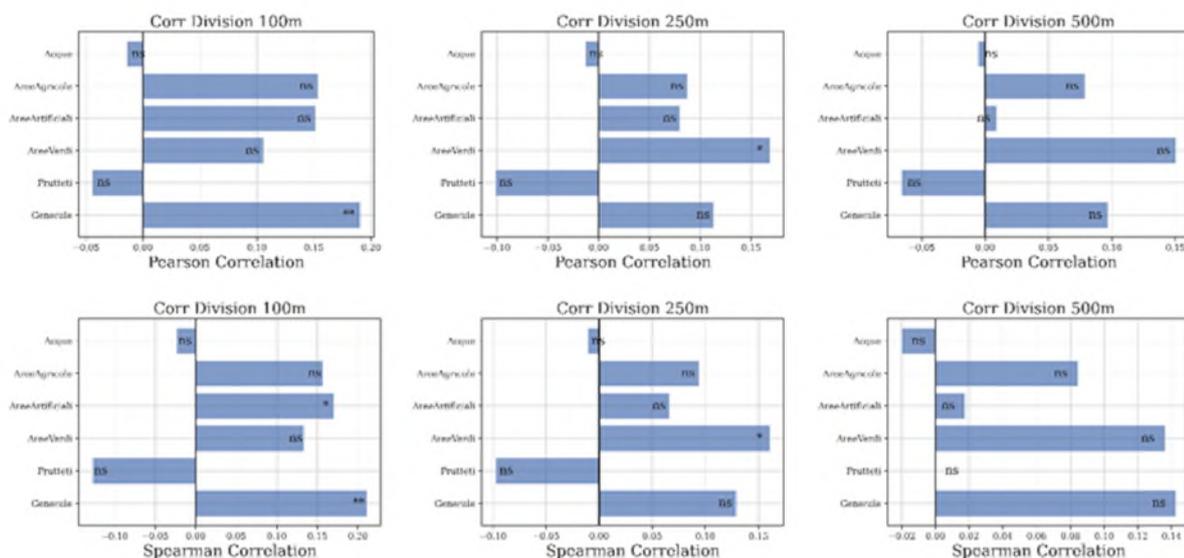
dove nella prima equazione, è un indicatore di connessione tra patch j e k (0 o 1) mentre è il numero di patch del tipo i. Nella seconda equazione invece è l'area in della patch i-esima del tipo j e è l'area totale del buffer.

I risultati per il Connectance Index sono presentati in Figura 3.4.6. Sono state individuate le seguenti correlazioni significative, sebbene ovviamente modeste data la natura complessa e multifattoriale del fenomeno: correlazioni positive con la connettività delle Aree Agricole a 100 m e 250 m e negative per la connettività delle aree artificiali.



**Figura 3.4.6.** Correlazioni del Connectance index con percentuale totale di parassitizzazione.

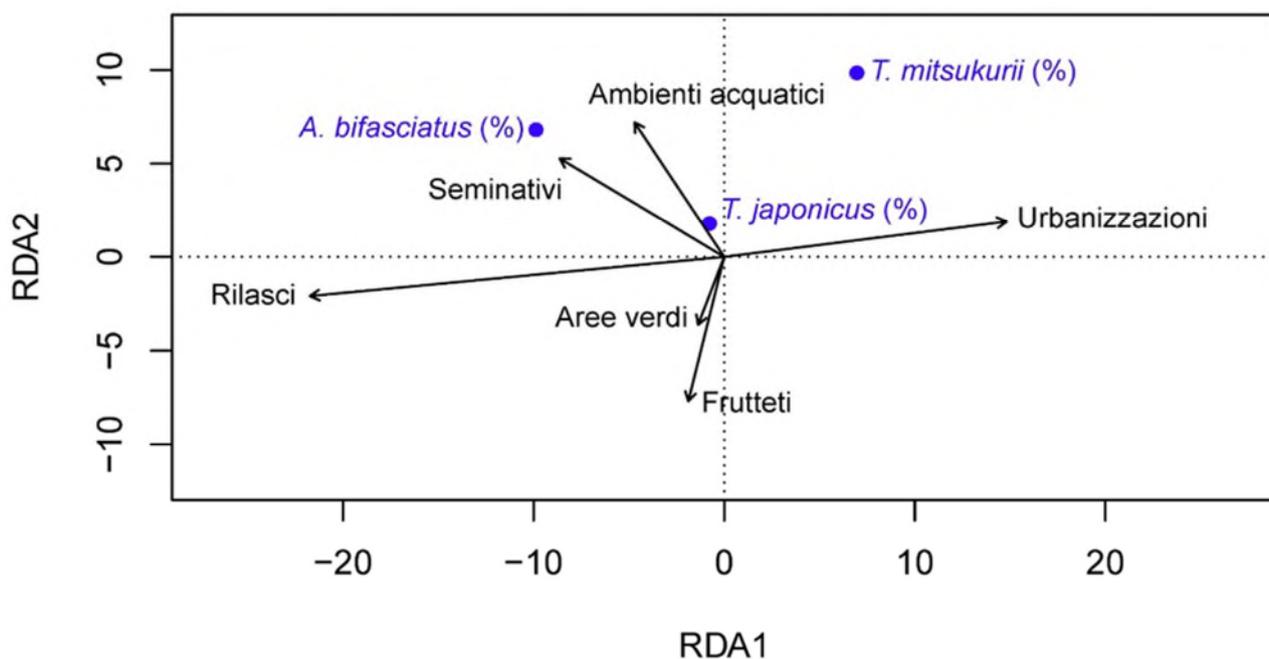
In Figura 3.4.7 sono invece presentati i risultati per le correlazioni con il landscape division index, che quantifica la divisione delle categorie di uso del suolo. In questo caso sono emerse le seguenti correlazioni significative: positive con le Aree Verdi a 250 m e le Aree Artificiali a 100 m.



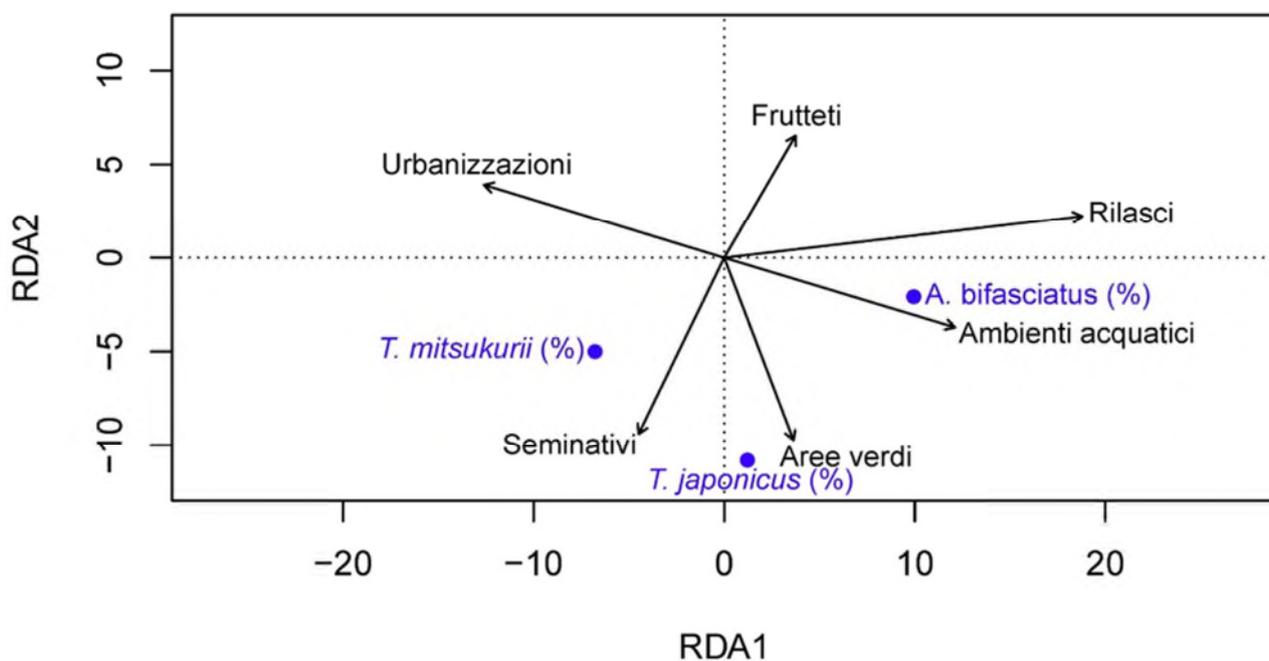
**Figura 3.4.7.** Correlazioni del Landscape division index con percentuale totale di parassitizzazione.

Riepilogando, nel complesso, sono state individuate correlazione significative con la connettività delle Aree Agricole a 100 m e 250 m (positiva), con la connettività delle aree artificiali a 500 m (positiva), con la divisione delle aree verdi a 250 m e delle aree artificiali a 100 m.

Dalla Redundancy Analysis è emerso che alla scala di 250 m le variabili di paesaggio che più influenzano il parassitoide nativo *A. bifasciatus* sono la percentuale di seminativi e la percentuale e connectance degli ambienti acquatici (Figura 3.4.8 e Figura 3.4.9). Per *T. mitsukurii* è importante la connectance dei seminativi e per *T. japonicus* sia quella dei seminativi che, soprattutto, quella delle aree verdi (Figura 3.4.9). È necessario sottolineare che le variabili esplicative incluse nelle analisi spiegano una piccola frazione della varianza delle parassitizzazione che sono verosimilmente dipendenti anche da altri fattori, come i trattamenti insetticidi, condizioni microclimatiche, composizione floristica, ecc.



**Figura 3.4.8.** Biplot della Redundancy Analysis che mostra l'effetto della composizione del paesaggio (% copertura dei diversi habitat) nel raggio di 250 m dal centro del sito di campionamento sulle percentuali di parassitizzazione dei diversi ooparassitodi. ANOVA like permutation test  $P = 0,47$ .



**Figura 3.4.9.** Biplot della Redundancy Analysis che mostra l'effetto della configurazione del paesaggio (connectance index delle categorie di uso del suolo) nel raggio di 250 m dal centro del sito di campionamento sulle percentuali di parassitizzazione dei diversi ooparassitodi. ANOVA like permutation test  $P = 0,11$ .

## CONCLUSIONI

Le analisi territoriali svolte fino ad ora hanno messo in evidenza come la connettività dei corridoi ecologici abbia maggiore influenza sulla parassitizzazione rispetto alla composizione percentuale del paesaggio, in particolare per *T. japonicus*.

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo orario	Costo totale
	Impiegato tecnico - ASTRA	Prove in campo	188	27	5.076,00
	Impiegato tecnico - ASTRA	Prove in campo	228	27	6.156,00
	Impiegato tecnico - ASTRA	Prove in campo	203	27	5.481,00
	Operaio OTD - ASTRA	Prove in campo	286	19,5	5.577,00
	Direttore - APOFRUIT	Referente tecnico	50	75	3.750,00
	Impiegato/Quadro - CAA GIORGIO NICOLI	Prove in campo	163	43	7.009,00
	Impiegato tecnico - CAA GIORGIO NICOLI	Prove in campo	198	27	5.346,00
	Impiegato tecnico - CAA GIORGIO NICOLI	Prove in campo	34	27	918,00
	Impiegato tecnico - CAA GIORGIO NICOLI	Prove in campo	216	27	5.832,00
	Impiegato tecnico - CONS. AGR. RAVENNA	Prove in campo	180	27	4.860,00
	Impiegato tecnico - CONS. AGR. RAVENNA	Prove in campo	140	27	3.780,00
	Impiegato tecnico - CONS. AGR. RAVENNA	Prove in campo	105	27	2.835,00
	Impiegato tecnico - CONS. AGR. RAVENNA	Prove in campo	103	27	2.781,00
	Impiegato tecnico - CONS. AGR. RAVENNA	Prove in campo	117	27	3.159,00
	Prof. Ordinario - UNIVERSITA' DI BOLOGNA	Supporto analisi	31	73	2.263,00
	Ricercatore - UNIVERSITA' DI BOLOGNA	Responsabile scientifico	53	31	1.643,00
	Parasubordinato-UNIVERSITA' DI BOLOGNA	Prove laboratorio	430	13,82	5.942,60
	Parasubordinato-UNIVERSITA' DI BOLOGNA	Prove laboratorio	358	13,88	4.969,04
	Dottorando	Prove laboratorio	1.070	10,95	11.716,50
	Prof. Associato-UNIV.MODENA E REGGIO E.	Responsabile scientifico	474	48	22.752,00
	Assegnista - UNIV.MODENA E REGGIO E.	Prove laboratorio	1290	15,75	20.315,34
	Assegnista- UNIV.MODENA E REGGIO E.	Prove laboratorio	1075	15,82	17.002,95
<b>Totale:</b>					<b>149.164,43</b>

## AZIONE 4 – PIANO DI DIVULGAZIONE DI TRASFERIMENTO DEI RISULTATI E IMPLEMENTAZIONE DELLA RETE PEI

### 4.1 Attività e risultati

<b>Azione</b>
---------------

Azione 4 - DIVULGAZIONE

<b>Unità aziendale responsabile (Uar)</b>
---

RINOVA

<b>Descrizione attività</b>
-----------------------------

L'azione di diffusione dell'innovazione alle imprese agricole e ai diversi stakeholders è iniziata fin dai primi mesi di attivazione del progetto per condividere sin da subito i primi risultati e gli approcci innovativi verificati con il progetto.

Le diverse azioni divulgative organizzate sono state indirizzate per contribuire a rendere concreto il collegamento funzionale *multiactor* tra innovazione, trasferimento e applicazione, che rappresenta un obiettivo intrinseco del PSR e della Misura 16.1.

La fase di divulgazione ha pertanto perseguito l'obiettivo di diffondere le informazioni-innovazioni valutate nel corso del piano, non solo ai membri del GO ma ad una più ampia gamma di *stakeholders* del settore agricolo. RINOVA ha messo a disposizione del GO un indirizzario che conta oltre migliaia di utenti, una mailing list di oltre 1000 indirizzi, un portale che conta circa 10.000 visitatori all'anno, oltre a considerare che già la sua base sociale contribuisce nel suo complesso a produrre circa il 60% della PLV vegetale.

Come preventivato nel Piano, il Piano di Comunicazione è stato sviluppato dall'intenso operato del personale di RINOVA, al fine di sviluppare una "Comunicazione sostenibile", ossia organizzare iniziative utili a mostrare i risultati raggiunti dalle attività del progetto e sistemi di divulgazione logisticamente tali da limitare quanto più possibile gli spostamenti degli utenti fra cui anche incontri online (anche per ottemperare alle restrizioni intercorse a seguito della pandemia da COVID-19), pur garantendo una visibilità massima delle innovazioni che meritavano evidenza sin dalle prime fasi di sviluppo del Piano.

Parte delle iniziative sono state realizzate presso le sedi delle Strutture socie di CRPV e/o partecipanti al GO, in modo da garantire una diffusione capillare su tutto il territorio regionale, anche replicando gli stessi argomenti o selezionandoli in funzione della vocazionalità del territorio, con l'obiettivo appunto di portare le competenze ed i risultati dell'innovazione, il più possibile vicino agli utilizzatori finali ossia le imprese agricole.

In accordo con i partner del GO, il personale di RINOVA ha quindi organizzato e gestito diverse iniziative e azioni di diffusione che sono descritte in Tabella 1.

In totale dal 1 giugno 2020 al 17 agosto 2023 sono state realizzate: **2 visite guidate; 5 incontri tecnici; 2 Campus cloud; 6 articoli tecnico-divulgativi, 2 brochure** denominate **Note tecniche** (diffuse capillarmente in diverse occasioni ad un ampio indirizzario sull'intero territorio regionale e con risonanza anche extra regione). Un ulteriore articolo verrà pubblicato nelle prossime Giornate Fitopatologiche previste nel 2024. **1 Convegno** collegiale ai 4 progetti cimice Haly.Bio, A&K, Cimice.Net, Alien.Stop. **1 Video**.

**Tabella 1** – Descrizione delle iniziative di divulgazione svolte dal 1giugno 2020 al 17 agosto 2023

Visite guidate		Incontri tecnici		Pubblicazioni		Campus cloud		Audiovisivi	
Data	Titolo (Provincia) (n. presenze)	Data	Titolo (Provincia) (n. presenze)	Data	Titolo (Rivista)	Data	Titolo (n. presenze)	Data	Titolo
26/07/2021	Lotta biologica alla cimice nell'area romagnola FC 33 <a href="#">HALYBIOVis260721FC</a>	31/03/2021	presentazione attività on line coordinamento 50 <a href="#">HALYBIOInonline310321</a>	14/07/2021	<a href="#">Strategie sostenibili di lotta alla cimice asiaticaEcoscienze2/2021</a>	26/02/2021	presentazione on line attività primo anno 60	26/07/2021	<a href="#">Haly.Bio: Lotta biologica alla cimice asiatica</a>
29/07/2021	Lotta biologica alla cimice MO 29 <a href="#">HALYBIOVis290721MO</a>	07/09/2021	presentazione attività MACFRUT RN 43 <a href="#">HALYBIOInc070921RN</a>	14/07/2022	<a href="#">Indagini sulla parassitizzazione e H.H. G.F. 2022</a>	15/12/2021	presentazione on line attività progetto 37		
		10/09/2021	presentazione attività SANA BO 17 <a href="#">HALYBIOInc100921BO</a>	26/04/2023	<a href="#">Cimice asiatica, le strategie di difesa funzionano ItaliaFruit 26042023</a>				
		26/01/2022	Convegno on line Cimice asiatica: i risultati della ricerca in Emilia-Romagna ed esperienze a confronto 576+14 <a href="#">HALYBIOConvegno260122BO</a>	26/06/2023	<a href="#">Biocontrol as a key element for the sustainable management of the Brown Marmorated Stink Bug - IOBC-WPRS Bulletin Vol. 166, 2023</a>				
		06/05/2022	presentazione attività MACFRUT RN 17 <a href="#">HALYBIOInc060522RN</a>	13/07/2023	<a href="#">Parassitoidi oofagi Atti CNIE 2023, 13/07/2023</a>				
		01/02/2023	aggiornamenti attività 2022 finanziate da soci Ri.nova BO 24 <a href="#">HALYBIOInc010223</a>	19/09/2023	<a href="#">Cimice asiatica, risultati positivi con il controllo biologico - L'Informatore Agrario n. 26/2023</a>				
				2024	Aggiornamento delle indagini sulla parassitizzazione e di Halyomorpha halys in Emilia-Romagna Giornate Fitopatologiche 2024				
				**	<a href="#">AttiConvegnoCimice Sessione Controllo Biologico, Sessione Difesa, Sessione Meteo e Monitoraggio</a>				

				*	<a href="#">Note tecniche Cimice 2022</a>				
				15/02/2023	<a href="#">Aggiornamenti sulla cimice asiatica in Emilia-Romagna, Atti Giornata Tecnica Frutticola 15/2/2023</a>				
				*	<a href="#">Note Tecniche Cimice 2023</a>				
Tot = 2		Tot = 6		Tot = 6+4		Tot = 2		Tot = 1	

\* Fra le attività di divulgazione svolte si sottolinea la produzione di **2 Note tecniche** prodotte rispettivamente all'inizio del 2022 e del 2023 (vedi allegato 2 e 3), in cui i gruppi di lavoro di tutti i progetti finanziati sul bando Cimice e coordinati da RINOVA (Haly.Bio, A&K, Cimice.Net, Alien.Stop) si sono riuniti per tradurre tutti i risultati via via raggiunti e le conoscenze disponibili fino ad allora acquisite, per redigere delle indicazioni operative tecniche o dei suggerimenti operativi e tecnici atti a supportare l'intero mondo agricolo regionale (ed extraregionale) per una gestione più efficiente ed efficace delle infestazioni di Cimice asiatica sulle colture ortofrutticole.

\*\* E' stato inoltre organizzato un Convegno collegiale fra i suddetti 4 Progetti Haly.Bio, A&K, Cimice.Net, Alien.Stop c/o la sede della Regione Emilia Romagna, per presentare pubblicamente i principali risultati emersi dalle indagini svolte.

Si ricorda inoltre che, laddove funzionale a rendere più efficace il trasferimento dei risultati, alcuni eventi come visite di campo e/o incontri tecnici sono stati organizzati in modo congiunto fra due o più dei quattro progetti sopracitati.

Tutta la documentazione relativa alle locandine di visite di campo, incontri tecnici e campus clouds organizzati e diffuse da RINOVA, ed i relativi fogli firma registrati in occasione delle diverse iniziative riportate in tabella, così come copia degli articoli prodotti, sono disponibili presso RINOVA.

Come indicato in Tabella 1, RINOVA ha organizzato, coinvolgendo sin dalla fase organizzativa i referenti tecnici del Servizio Fitosanitario regionale ed i Partner del presente GO, per affrontare collegialmente ed in sinergia il trasferimento e approfondimento necessario ad una migliore gestione della cimice asiatica sul nostro territorio. I diversi momenti organizzati nei Campus cloud ad esempio, oltre alle visite in campo ed agli incontri tecnici, hanno rappresentato specifici momenti di confronto fra tutti i partner del GO con diversi tecnici afferenti alle diverse imprese della base sociale di RINOVA e non, specificatamente invitati allo scopo nel caso dei campus cloud ad esempio, e ad esperti tecnici del mondo accademico, oltre a referenti del Servizio Fitosanitario regionale della Regione Emilia Romagna, permettendo un confronto diretto sui risultati, anche parziali, raggiunti nel piano. Questo strumento, molto apprezzato dall'utenza e dal GO, oltre a permettere il trasferimento dei risultati anche in corso d'opera (ossia con risultati parziali), ha consentito un *feed back* molto efficace per discutere fra interlocutori appropriati e provenienti anche da un'utenza allargata rispetto a quella del GO, di temi e innovazioni anche in corso di validazione, permettendo

di cogliere anche suggerimenti utili allo sviluppo degli steps successivi del piano stesso. Inoltre i risultati presentati e le discussioni e analisi sviluppate durante i Campus Cloud sono stati in parte utili anche per la messa a punto di strategie di approccio regionale per l'aggiornamento dei Disciplinari di Produzione Integrata e di ausilio nel sistema di assistenza tecnica per la produzione integrata e biologica nella regione Emilia Romagna.

Gran parte delle iniziative svolte e partecipate hanno rappresentato momenti di discussione e confronto, permettendo così un utile scambio di esperienze e risposte a vantaggio di tutti i partecipanti e del GO stesso.

Inoltre RINOVA ha messo a disposizione del GO il proprio **Portale Internet**, affinché le attività ed i risultati conseguiti nel presente Piano siano facilmente identificabili e fruibili dall'utenza. In particolare all'interno del portale Ri.nova è stata creata una pagina dedicata al Piano, organizzata per poter fungere da mini-sito del progetto ed ottimizzata in logica SEO, multilingua ed adattabile alle visualizzazioni da mobile, composta da una testata e da un dettaglio dove sono stati caricati tutti i dati essenziali del progetto (responsabili, partners, entità del finanziamento) e gli aggiornamenti relativi alle attività condotte. Riporta inoltre contenuti incorporati (video e gallerie immagini), nonché blog per notizie ed eventi collegati al progetto, sinergicamente connessi e ricercabili dalla homepage del portale Ri.Nova. Attraverso un contatto continuo con il Responsabile di Progetto, un referente Ri.Nova ha proceduto all'aggiornamento della pagina con notizie, informazioni e materiale divulgativo ottenuti durante lo sviluppo del Piano.

Questo lavoro ha permesso, unitamente alla pubblicazione dei risultati, la consultazione dell'elenco dei GOI e progetti coordinati da Ri.Nova all'interno di una sezione specificamente disegnatata ad ospitare e classificare i contenuti ed i risultati di progetti regionali, nazionali ed europei; ogni progetto è infatti classificato e filtrabile per le colture sulle quali è stata applicata la sperimentazione, per tipologia di finanziamento e per macroargomento, riprendendo i tag indicati per il network PEI-AGRI. Questo strumento comunicativo e divulgativo permette anche di poter visionare collegamenti e sinergie che il presente piano può avere anche con altri progetti e/o iniziative.

Il personale di RINOVA si è fatto inoltre carico di predisporre in lingua italiana e inglese, le modulistiche richieste per la presentazione del Piano al fine del collegamento alla **Rete PEI-Agri**.

Nei seguenti allegati sono elencati programmi, fogli firma (o lista partecipanti per quanto svolto online) delle iniziative di divulgazione svolte, gli articoli e stampa del sito RINOVA:

- **Allegato1\_AttDivulgazioneHalyBio.pdf**
- **Allegato2\_ Notetecnichecimice2022.pdf**
- **Allegato3\_Note-tecniche\_cimice\_2023.pdf**

Nell'allegato di seguito è fatta sintesi di tutti i link delle iniziative sopra descritte:

**Allegato4\_GO5159269HALYBIOLink.pdf**

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo orario	Costo totale
	Impiegato tecnico - RI.NOVA	Supporto divulgazione	86	27	2.322,00
	Impiegato tecnico - RI.NOVA	Supporto divulgazione	104	27	2.808,00
	Impiegato tecnico - RI.NOVA	Divulgazione	102	27	2.754,00
	Impiegato tecnico - RI.NOVA	Supporto divulgazione	81	27	2.187,00
	Impiegato tecnico - RI.NOVA	Supporto divulgazione	7	27	189,00
	Impiegato tecnico - RI.NOVA	Divulgazione	88	27	2.376,00
	Impiegato tecnico - RI.NOVA	Supporto divulgazione	45,5	27	1.228,50
	Impiegato tecnico - RI.NOVA	Supporto divulgazione	40	43	1.720,00
	Impiegato tecnico - RI.NOVA	Supporto divulgazione	14	43	602,00
	Impiegato tecnico - RI.NOVA	Coordinamento divulgazione	43	43	1.849,00
<b>Totale:</b>					<b>18.035,50</b>

## **AZIONE 5 – ATTIVITA' DI FORMAZIONE**

### **5.1 Attività e risultati**

#### **Azione**

Azione 5 – FORMAZIONE

#### **Unità aziendale responsabile (Uar)**

Dinamica

#### **Descrizione attività**

A causa della pandemia da COVID19 sono stati svolti corsi di formazione anziché i viaggi studio previsti. Inoltre l'attività è stata ridotta al 50% in conformità alla delibera Regionale n. 1965 del 14/11/2022 come da comunicazione inviata via PEC alla Regione Emilia Romagna in data 9.8.2023, seguita da successive comunicazioni formali intercorse fra il Capofila e la Regione, e approvata con delibera regionale n. 20019 del 25/09/2023.

In dettaglio sono stati svolti 5 corsi di formazione:

Proposta formativa **5382460 "Controllo biologico dell'invasiva *Halymorpha halys* in Emilia-Romagna"** con le seguenti domande di avvio formazione GOI:

- 5528843 con 19 partecipanti per un importo di costo totale pari a € 3.763,52 la quota di finanziamento pubblico è pari a € 3.387,13 chiusa con domanda di rendiconto formazione GOI n° 5598603 (Allegato5 -5598603)
- 5528955 con 18 partecipanti per un importo di costo totale pari a € 3.565,44 la quota di finanziamento pubblico è pari a € 3208,86 chiusa con domanda di rendiconto formazione GOI n° 5598583 (Allegato6- 5598583)
- 5601972 con 15 partecipanti per un importo di costo totale pari a € 2.971,20 la quota di finanziamento pubblico è pari a € 2,674,05 chiusa con domanda di rendiconto formazione GOI n° 5691925 (Allegato7- 5691925)

- 5602063 con 13 partecipanti per un importo di costo totale pari a € 2.575.04 la quota di finanziamento pubblico è pari a € 2.317,51 chiusa con domanda di rendiconto formazione GOI n° 5691940 (Allegato 8 -5691940)
- 5689421 con 3 partecipanti per un importo di costo totale pari a € 594,24 la quota di finanziamento pubblico è pari a € 534,81 chiusa con domanda di rendiconto formazione GOI n° 5691949 (Allegato9 -5691949)

Si allegano le domande inserite su AGREA complete dell'elenco dei partecipanti a ciascuna iniziativa (Allegati 5, 6, 7, 8 e 9). Le azioni di formazione svolte hanno suscitato un grande interesse e apprezzamento da parte dei partecipanti, come evidenziato dai questionari di soddisfazione compilati, sia per i temi trattati che per come sono stati organizzati e strutturati con chiari riferimenti ai risultati ed alla loro applicazione operativa.

Gli obiettivi del progetto in merito alla formazione sono stati pienamente raggiunti e con alto grado di gradimento da parte degli utenti finali.

In allegato alla presente relazione è presente il frontespizio del materiale didattico impiegato e distribuito ai partecipanti nei corsi di formazione (**Allegato10-Estratto-Materiale-didattico-Corso\_formazione\_HALY.BIO.pdf**).

Rendiconto corso n. 5598603	3.763,52 €
Rendiconto corso n. 5598583	3.565,44 €
Rendiconto corso n. 5691925.	2.971,20 €
Rendiconto corso n. 5691940	2.575.04 €
Rendiconto corso n. 5691949	594,24 €
Subtotale	13.469,44 €
Spese generali	3.367,35 €
<b>TOTALE</b>	<b>16836.80 €</b>

## CRITICITÀ INCONTRATE DURANTE LA REALIZZAZIONE DELL'ATTIVITÀ

Criticità tecnico- scientifiche	Non sono state rilevate criticità significative nello svolgimento del Piano, se non per le difficoltà sullo sviluppo dell'azione di formazione (azione 5), che a seguito dell'insorgenza della Pandemia da Covid-19 ha determinato la necessità di rimodulare l'intera attività, allungando i tempi di sviluppo e di completamento dell'azione determinando la necessità di chiedere 2 proroghe, la prima di 90 giorni e la seconda di 12 mesi (a seguito della D.G.R. n. 833 del 23/05/2022).
Criticità gestionali (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	Non si rilevano criticità nella gestione del piano.
Criticità finanziarie	Non si rilevano criticità finanziarie

## 4 ALTRE INFORMAZIONI

E' stata richiesta Proroga di 90 giorni sulla scadenza del progetto (posticipando, quindi, la chiusura al 17/08/2023), a causa delle difficoltà nella realizzazione dell'attività di formazione e consulenza, legate in gran parte all'emergenza COVID. La proroga è stata funzionale anche a completare le indagini sperimentali in laboratorio. La proroga è stata approvata dalla Regione Emilia Romagna con determina n. 9607 in data 19/05/202 dalla Regione Emilia Romagna.

## 5 CONSIDERAZIONI FINALI

Non si rileva nessun suggerimento particolare.

## 6 RELAZIONE TECNICA

### **ATTIVITÀ COMPLESSIVAMENTE EFFETTUATE, RISULTATI INNOVATIVI E PRODOTTI**

Le attività nonché i risultati che il presente piano si era proposto al momento della formazione del Gruppo Operativo si considerano raggiunti in maniera soddisfacente. Le attività hanno fornito risultati coerenti con gli ambiti operativi specifici della Focus area 4B: **riduzione dei rilasci di sostanze inquinanti e miglioramento della qualità delle acque e del suolo, controllo delle avversità con metodi a basso impatto e verifica ed adattamento dei sistemi colturali agricoli ai cambiamenti climatici**. La tecnica della lotta biologica rappresenta indubbiamente un sistema per ridurre l'uso di input chimici atti al contenimento della cimice asiatica, impiegando organismi utili e quindi riducendo significativamente i rilasci di sostanze inquinanti nell'ambiente e nel suolo e quindi nelle acque. La conferma che anche nuovi parassitoidi esotici si stiano adattando ai nostri climi e

concorrano al contenimento futuro della cimice asiatica rappresenta indubbiamente una tecnica di adattamento dei sistemi colturali ai cambiamenti climatici.

In particolare di seguito vengono esposti in sintesi i principali risultati emersi dalle attività svolte nell'**Azione 3** del progetto.

- AZIONE 3.1 (Indagine agroecosistemica sul territorio regionale), AZIONE 3.2 (Indagine delle capacità di diffusione, insediamento ed efficacia di parassitizzazione di parassitoidi alloctoni nei confronti della specie target) e AZIONE 3.3 – Determinazione tassonomica dei parassitoidi sfarfallati

Dalle indagini è emerso che il parassitoide autoctono *A. bifasciatus* (Geoffroy) (Hymenoptera: Eupelmidae) è stato trovato nella maggior parte dei siti indagati e nei tre anni di indagine è stato responsabile della parassitizzazione del maggior numero di uova di *H. halys*, seppur con un impatto decrescente negli anni. *A. bifasciatus* mostra un'ampia variabilità nell'impatto su *H. halys*, probabilmente a causa della sua natura di parassitoide generalista, le cui preferenze degli ospiti possono variare molto a seconda della disponibilità nei diversi ambienti.

Considerando i parassitoidi alloctoni, lo studio ha dimostrato come *T. japonicus* si sia insediato con successo e sia stato in grado di superare con successo l'inverno in Emilia-Romagna. Nel corso degli anni è stato osservato un aumento significativo della percentuale di parassitizzazione da parte di questa specie e le mappe di distribuzione hanno mostrato una progressiva espansione del suo areale. La specie esotica *T. mitsukurii* (Ashmead) (Hymenoptera: Scelionidae), le cui popolazioni avventizie sono state rilevate in Emilia-Romagna dal 2019, ha mostrato negli anni successivi un progressivo declino. Tale diminuzione sembra più accentuata nei siti in cui è stato rilasciato *T. japonicus* e, almeno in taluni casi, potrebbe essere in relazione alla presenza accertata di un iperparassitoide alloctono, *Acroclisoides sinicus* (Hymenoptera, Pteromalidae), che pare prediligere specificamente le ovature già parassitizzate da *T. mitsukurii*. Nonostante l'impatto complessivo dei parassitoidi sulle popolazioni di *H. halys* sia ancora insufficiente a contenerne i danni, la diffusione di *T. japonicus* potrebbe costituire nei prossimi anni una causa di mortalità non trascurabile.

- AZIONE 3.2 – Indagine delle capacità di diffusione, insediamento ed efficacia di parassitizzazione di parassitoidi alloctoni nei confronti della specie target

L'analisi dei siti di dettaglio ha permesso di evidenziare non solo le modifiche anno per anno della comunità di parassitoidi di *H. halys*, ma anche il preciso andamento stagionale della loro attività, e di valutare le capacità di diffusione di *T. japonicus* a partire dal sito di rilascio. Un aspetto molto rilevante è che ovature di cimice asiatica parassitizzate da *T. japonicus* sono state rinvenute anche dopo un mese dal secondo rilascio e in aree distanti oltre 50 m dal punto di rilascio. Ciò indica che *T. japonicus* dimostra una considerevole capacità di spostamento e di ricerca delle ovature. Dai dati raccolti l'abbondanza di *T. japonicus* sembra crescere da agosto in poi, con un attacco più massiccio sulle ovature della seconda generazione di cimice.

Di particolare interesse il fatto che nessuno dei pentatomidi non bersaglio sia stato parassitizzato da *T. japonicus* e *T. mitsukurii*.

- AZIONE 3.3 – Determinazione tassonomica dei parassitoidi sfarfallati

Questa azione aveva l'obiettivo di analizzare le ovature di Pentatomidi raccolte nelle diverse indagini, categorizzarle in base a come si presentavano ed eventualmente dissezionarle, e di determinare tassonomicamente le specie di parassitoidi oofagi rinvenuti (sfarfallati o trovati all'interno delle ovature dissezionate).

Queste indagini si sono avvalse dell'uso di stereomicroscopi e specifiche chiavi dicotomiche e grazie a macchine fotografiche ed appropriate tecniche di acquisizione immagine si sono ottenute immagini ad alta definizione di ciascuna delle specie e relativi dettagli. Si è quindi ottenuta la lista delle specie di parassitoidi oofagi sia nativi che alloctoni che sono in grado di parassitizzare ed eventualmente completare il proprio sviluppo su *Halyomorpha halys* e su altri Pentatomidae nel territorio regionale.

Tale lista include quindi: Scelionidae tra cui *Trissolcus japonicus*, *Trissolcus mitsukurii* (alloctoni), *Trissolcus basal*, *Trissolcus semistriatus*, *Trissolcus belenus*; Famiglia Eupelmidae rappresentata da *Anastatus bifasciatus*; Famiglia Encyrtidae rappresentata da *Ooencyrtus pityocampae*; Famiglia Pteromalidae rappresentata da *Acroclisoides sinicus* (iperparassitoide alloctono).

- AZIONE 3.4 – Analisi integrata delle relazioni tra pattern spaziali di ovature e parassitizzazioni e caratteristiche naturali e antropiche del paesaggio indagate tramite GIS in buffer attorno ai siti di ricerca

Le analisi geostatistiche per descrivere la distribuzione dei parassitoidi di cimice asiatica sul territorio regionale sono scarsamente supportate probabilmente perché i fattori che agiscono a livello locale hanno maggior importanza per cimice asiatica e parassitoidi rispetto a fattori che agiscono su scala spaziale più ampia.

A livello locale la connettività dei vari habitat, in particolare quelli seminaturali appare avere maggiore importanza rispetto alla composizione del paesaggio.

## **RICADUTE E INDICATORI**

### **RICADUTE IN AMBITO PRODUTTIVO, TERRITORIALE ED AMBIENTALE**

La presenza nel territorio regionale di parassitoidi oofagi sia autoctoni che alloctoni, e in particolare grazie anche all'introduzione con rilasci inoculativi di *T. japonicus* in Emilia-Romagna, apre la prospettiva per la realizzazione del controllo biologico della cimice asiatica con i nemici naturali. Questo metodo di contenimento delle infestazioni è sicuramente più sostenibile nel tempo rispetto alla difesa classica con gli insetticidi di sintesi perchè: 1) si autoalimenta e laddove tutelato e preservato tende a raggiungere un equilibrio naturale che non richiede input antropici; 2) può aprire la prospettiva per una minor pressione chimica nei frutteti, con una riduzione dei costi produttivi, del residuo di agrofarmaci nella frutta, e dell'inquinamento del suolo e delle acque a vantaggio della tutela dei produttori e dei consumatori; 3) nel medio-lungo periodo risulta essere più efficace di altri metodi di controllo perchè attuabile su ampia scala e anche al di fuori delle colture agrarie trattabili con mezzi di difesa diretti (es. insetticidi) e indiretti (es. reti multifunzionali).

Questa tecnica inoltre non si limita ad avere ricadute sulle produzioni agricole a conduzione integrata, sicuramente più ampiamente rappresentate nella regione, ma interessa estesamente anche le produzioni ortofrutticole biologiche che non trovano soluzioni concrete applicabili a contrastare questa nuova avversità, se non con l'uso delle reti multifunzionali. Pertanto questa tecnica può rappresentare uno strumento che in proiezione futura potrà sostenere l'intero comparto agricolo regionale sia per la produttività delle colture, che per la salvaguardia delle redditività delle imprese e quindi dei posti di lavoro, che ovviamente per la tutela ambientale trattandosi di una tecnica a zero emissioni chimiche.

Grazie all'insediamento e alla presenza sul territorio emiliano-romagnolo dei parassitoidi oofagi della cimice asiatica è ipotizzabile una **riduzione dell'uso di interventi chimici specifici** per *Halyomorpha halys*, che potrebbe essere quantificata ad esempio in 1-2 applicazioni di acetamiprid nella coltura del pero. Considerando una superficie regionale di pero in produzione pari a 14.868 Ha (dati ISTAT 2022), con l'applicazione di un dosaggio della sostanza attiva pari a 100 g/Ha per intervento, si avrebbe un **risparmio pari a 1486,8 kg di attivo per ogni intervento non effettuato**. Parallelamente si avrebbe una riduzione dell'accumulo di tale sostanza attiva nel suolo ed acque.

Tuttavia, la ricaduta di gran lunga più importante e decisiva della presenza di parassitoidi autoctoni e alloctoni nel territorio regionale, è sicuramente rappresentata dal **controllo naturale delle popolazioni di cimice asiatica**, la cui densità verrà ridimensionata su valori tali da non causare danni rilevanti alle produzioni ortofrutticole della nostra regione. Riferendosi per esempio al solo comparto del pero, con una produzione media del quinquennio 2018-2022 pari a 3 Mil qli (fonte: dati Istat), a fronte di un **danno medio attuale da cimice intorno al 20% della produzione**, è auspicabile che nel giro di un quinquennio quest'ultimo venga nettamente ridotto, riportandolo a valori intorno al 5% della produzione complessiva. In termini economici, ipotizzando un valore medio di 1 €/kg delle pere, se il danno passa da 600.000 qli a 150.000 qli, si otterrebbe una **riduzione di danno commerciale pari a 45 Mil €**.

## INDICATORI DI RISULTATO

### Azione 3 - Realizzazione

1. **Definizione dei contesti agroecologici della nostra regione che meglio esprimono l'ambiente di insediamento dei parassitoidi di cimice asiatica.** Le analisi di paesaggio locale, condotte fino a un raggio di 500 m dal centro dei diversi siti di campionamento, hanno mostrato un effetto ridotto della composizione e configurazione del paesaggio sulla parassitizzazione, con impatto variabile anche in base alla specie di parassitoide. Questi imenotteri sono probabilmente capaci di parassitizzare le uova di cimice in un range di condizioni ambientali abbastanza ampio; non si esclude inoltre, l'influenza di altre caratteristiche dei siti di campionamento (es. trattamenti insetticidi).
2. **Individuazione di almeno 1 specie di parassitoide esotico e/o alloctono in grado di parassitizzare efficacemente *H. halys* nel territorio regionale.** Le tre specie di parassitoidi più diffuse e numericamente abbondanti in Emilia-Romagna nel triennio 2020-2022 sono risultate

l'autoctono *Anastatus bifasciatus* e le due specie esotiche del genere *Trissolcus*, *T. mitsukuri* e *T. japonicus*. Per entrambe queste ultime specie sono state segnalate nella nostra regione popolazioni avventizie e la vespa samurai, *T. japonicus*, è stata anche oggetto di rilasci inoculativi. Sebbene con impatto variabile da un anno all'altro, tutti questi parassitoidi sono in grado di esercitare una certa pressione sulle popolazioni di cimice asiatica. Di particolare rilevanza è la diffusione sul territorio e l'incremento delle percentuali di parassitizzazione osservate nel corso del triennio per *T. japonicus*, che sembrano indicare il successo del programma di lotta biologica classica nell'insediamento di questa nuova specie utile e offrire conseguentemente buone prospettive per un contenimento significativo delle popolazioni di cimice asiatica nel prossimo futuro.

3. **Individuazione di almeno 4 siti/contesti agroecologici più favorevoli alle ovodeposizioni di *H. halys* propedeutici ad eventuali programmi di lotta biologica con parassitoidi.** Non è stato possibile rilevare nessuna associazione tra particolari contesti agroecologici dei siti e la densità di ovature di *H. halys*. Una possibile causa potrebbe essere la maggiore rilevanza della specie botanica e della struttura della singola pianta rispetto al contesto ambientale circostante al sito di campionamento, che pur rappresentano in sé dei contesti utili a selezionare siti e aree per eseguire lanci di parassitoidi e azioni di lotta biologica, da eseguire al di fuori delle aree coltivate per ridurre il rischio di esposizione agli interventi insetticidi in generale (come confermato dalla Redundancy analysis (RDA)).
4. **Costruzione di mappe del tasso di parassitizzazione, della presenza delle specie dei parassitoidi oofagi più comuni sul territorio emiliano-romagnolo e mappe della presenza/densità delle ovature di cimice.** Le varie mappe riportate nella sezione dei risultati, che ottemperano a questo indicatore, sono però scarsamente supportate da crossvalidation. Questo indica una distribuzione delle variabili spazializzate (ovature di cimice e percentuali di parassitizzazione) che non risponde a fattori che agiscono su scala regionale. L'unica tendenza abbastanza evidente sembra lo scarso impatto dei parassitoidi nell'area frutticola in provincia di Modena, che coincide con zone storicamente soggette a gravi danni dovuti ad *H. halys*. Molti fattori legati alla struttura del paesaggio, alle densità delle colture più sensibili e alla conduzione agronomica dei frutteti potrebbero avere un effetto su questa distribuzione.
5. **Definizione di almeno 1 modello di correlazione (compresi approcci multivariati come CA, CCA, RDA) che permetta di evidenziare l'associazione tra densità di parassitoidi e variabili esplicative ambientali e territoriali. Aspetto fondamentale per l'individuazione dei siti migliori in cui svolgere azioni di biocontrollo.** Nonostante le variabili di paesaggio siano responsabili solo di una frazione relativamente piccola della variabilità totale nella parassitizzazione, la Redundancy analysis (RDA) ha mostrato un effetto più rilevante della configurazione del paesaggio rispetto alla sua composizione. In particolare la connettività delle aree verdi seminaturali e non soggette a trattamenti insetticidi sembra favorire la presenza e la parassitizzazione di *T. japonicus*.
6. **Definizione di almeno 1 modello di correlazione (compresi approcci multivariati come CA, CCA, RDA) che permettano di evidenziare l'associazione tra densità delle ovature di cimice e variabili ambientali e territoriali. Aspetto che potrebbe indirizzare e facilitare la ricerca di ovature di questo insetto per future analisi dell'impatto dei parassitoidi oofagi sulle cimici.**

Nessuno dei modelli sopracitati ha mostrato correlazioni statisticamente supportate tra le variabili di paesaggio e le ovature di cimice asiatica. Come riportato in precedenza al punto 3, una possibile spiegazione è che le specie botaniche siano più importanti per l'ovideposizione della cimice rispetto al contesto ambientale.

#### Azione 4 – Divulgazione

- **Numero di imprese contattate con la mailing list e raggiunte dalla divulgazione:** 830 utenti
- **Numero di incontri e visite tecniche realizzati:** 10
- **Numero di tecnici partecipanti agli incontri:** 900 partecipanti
- **Numero di articoli scientifici e divulgativi:** 6 (+ 1 in uscita) a cui si aggiungono (eseguiti collegialmente fra i 4 progetti (HAly.Bio, A&K, Alien.Stop, Cimice.Net) 2 note tecniche, 1 atti convegno finale, 1 presentazione Giornata Tecnica Frutticola
- Oltre a quanto sopra elencato è stato anche realizzato **un video**

#### Azione 5 – Formazione

- **Numero di imprese agricole coinvolte nella formazione:** 68 sono stati i partecipanti ai corsi di formazione svolti.

### **RICADUTE SOCIALI**

Come sopra citato, il sostegno e diffusione della lotta biologica alla cimice asiatica grazie all'insediamento e diffusione di parassitoidi nativi ed alloctoni, è una tecnica che nel prossimo futuro aiuterà a supportare e sostenere l'intero comparto agricolo regionale sia per produzioni integrate e ancor più per quelle biologiche in crescita. L'aiuto che la tecnica potrà dare nel ridurre i danni causati dalle cimici asiatiche, permetterà infatti di garantire produttività e quindi reddito, a salvaguardia dei posti di lavoro sia nelle aziende agricole che sull'intero indotto del comparto ortofrutticolo regionale, all'oggi messo alla dura prova dalle vecchie e nuove avversità che il cambiamento climatico sta favorendo ed esasperando. I metodi di controllo biologico, come l'uso di parassitoidi, offrono una soluzione sostenibile ed ecologica per combattere i danni causati da *H. halys*. Riducendo la dipendenza dai pesticidi, gli agricoltori possono garantire la salute a lungo termine dei loro raccolti e proteggere l'ecosistema circostante. Inoltre, l'attuazione di efficaci strategie di controllo biologico può aiutare a mitigare le perdite economiche e fornire stabilità agli agricoltori e ai lavoratori del settore ortofrutticolo.

L'importanza del monitoraggio sull'efficienza del sistema e della funzionalità della tecnica, richiede indubbiamente anche la presenza di personale qualificato a svolgere questo ruolo. I campionamenti attivi richiedono ad esempio personale opportunamente addestrato in grado di muoversi sul territorio per raccogliere le ovature di cimice asiatica al fine di definire i livelli di parassitizzazione e predazione. In prospettiva, questa mansione potrebbe essere svolta anche da cooperative che operano nel sociale laddove gli operatori, affiancati da esperti entomologi, potrebbero insegnare a persone anche non qualificate l'attività di scouting per monitorare sul territorio la presenza della cimice asiatica e dei suoi nemici naturali. Laddove presenti finanziamenti pubblici o privati da

dedicare a questa attività di inclusione sociale, le persone coinvolte in questi progetti potrebbero trovare un'occupazione relativa allo scouting sul territorio emiliano-romagnolo di questa ed altre specie, pertanto operando nel settore agricolo per campionare e monitorare *H. halys*, ma anche per prevenire e tempestivamente individuare altre specie di insetti alieni presenti o in arrivo in Emilia-Romagna e in Italia.

L'analisi e la determinazione tassonomica dei parassitoidi provenienti da centinaia di ovature di eterotteri sono state cruciali per i risultati del progetto, evidenziando il ruolo determinante che ha l'addestramento di personale specifico all'interno dei centri di ricerca coinvolti. La presenza di personale qualificato in campo entomologico consente il progresso della fitoiatria e mantiene la regione Emilia-Romagna all'avanguardia nell'interesse regionale e nazionale.

#### **Elenco Allegati:**

- **Allegato1\_AttDivulgazioneHalyBio.pdf**
- **Allegato2\_ Notetecnichecimice2022.pdf**
- **Allegato3\_Note-tecniche\_cimice\_2023.pdf**
- **Allegato4\_GO5159269HALYBIOLink.pdf**
- **Allegato5 -5598603,**
- **Allegato6- 5598583**
- **Allegato7- 5691925**
- **Allegato 8 -5691940**
- **Allegato9 -5691949**
- **Allegato10-Estratto-Materiale-didattico-Corso\_formazione\_HALY.BIO.pdf**

Data ..... IL LEGALE RAPPRESENTANTE (firmato digitalmente)